د.علي حسن موسى

أستاذ علم المناخ في جامعتي دمشق وتشرين

العواصف الرعدية

برق ، صاعقة ، رعد



بسم الله الرحمن الرحيم

العواصف الرعديـــة

الكتاب: العواصف الرعدية
المؤلف: أ.د. علي حسن موسى
عدد النسخ: ١٠٠٠ نسخة

الطبعة الأولى
٢٠٠٩

العواصف الرعدية

برق، صاعقة، رعد

الدكتور علي حسن موسى

أستاذ علم المناخ في جامعتي دمشق وتشرين

الإهـــداء

إلى ولـــديّ:

الحسن والحسين

علي

المحتويات

المقدمة

لم يكن الإنسان قديماً وحتى قرون قليلة خلت، في حيرة من أمره، بقدر ما كان وهو يشاهد نور السماء المتشعب في سحبها المجلجلة صوتاً يكاد يصم أذنيه، وناراً تبلغه حارقة مميتة ما يقع في طريقها. كل هذا تقبله الإنسان ما دام يجري في السماء في داخل السحب، أم في خارجها؟ وهو لم يكن يعرف كنه ذلك. لكنه أدرك منذ القديم، أن هناك ترابطاً بينها وبين تلك السحب، والتي بقدر ما فيها من نعمة ورحمة، بقدر ما تحمله معها من عذاب وموت ودمار تحل به وعليه؛ ناراً سماوية، وحجارة مائية، وأمطاراً انهمارية لا تدعه يخرج من بيته أو يغادر مكانه إلا والطوفان عليه والسيل آت إليه.

ولكن عجز الإنسان قديماً، وما يزال في حالة عجز أمام تلك الظواهر الجوية التي لا تنذر بمواعيد قدومها إليه، ولا بلحظات صبها جام غضبها عليه، وهو لا يزال يعاني منها الموت والتشرد والدمار والهلاك.

ومع كل ما ألحقته العواصف الرعدية بالإنسان من قتل وتدمير، والذي إذا ما حاولنا أن نقدر الخسائر البشرية من صعقها وسيولها وفيضاناتها لكانت الملايين عبر تاريخ البشرية الطويل، ولكن صواعقها المحرقة هي التي كشفت النار للإنسان. فالصاعقة أصل

النار التي عرفها الإنسان التي لعبت دوراً هاماً في تطوره الحضاري.

وفي هذا الكتاب إجابة عن التساؤلات التي شغلت بال الإنسان قديماً وحديثاً، وهو منتظر من يدله على ما أبهم عليه وعجز عن الولوج فيه ومعرفة كنهه. ففيه إظهار لأبلغ ما قيل في العواصف الرعدية من آيات سماوية، وما تناولته الحضارات القديمة من بدع وأساطير تارة، ومحاولة لتفسير ما يحدث أخرى، ليهديه عقله إلى كشف ما خفي عنه ومعرفة ما استعصي عليه، ولكنه ما يزال في حيرةٍ وعجزٍ عن بلوغ الحقيقة في جانب لا ينفصل بظاهره عن موضوعات الكتاب، وهو أقرب إلى الخيال والأسطورة من الواقع والحقيقة، مما نحى بنا عن الغوص به، فظاهره برق (البرق الكروي) وباطنه لغز حتى الآن. وكم هي القصص كثيرة، والحكايات كبيرة، عن آلام البشرية من برق السماء وصعق الأرض.

إنه كتاب للعامة من الناس والخاصة. فظواهره لا تترك إنساناً إلا وتستثيره خوفاً وخشية تارة، وجمالاً تارة أخرى بمناظرها الضوئية وأصواتها المدوية. والأمل أن تتحقق الفائدة المرجوة.

والله الموفق

في ٢٠٠٩/١/١٠

أ. د. علي حسن موسى

أستاذ علم المناخ في جامعتي دمشق وتشرين

الفصل الأول

العواصف الرعدية في القرآن الكريم

العاصفة الرعدية، هي ظاهرة جوية شديدة العنف تستمد من ذلك تسميتها المقترن بها تشكل الرعد وحدوث البرق والصاعقة، وما يصاحبها أيضاً من هطولات مطرية غزيرة تنتج الفيضانات والسيول، وهطول البرد الذي قد يكون من العنف والغزارة ما يترك آثاراً سلبية كبيرة على البيئة الحيوية.

ولذلك فإن ذكر أي مظهر من المظاهر السابقة، وبخاصة الرعد والبرق والصاعقة هو ذكر للعاصفة الرعدية، التي هي بمثابة سحابة ضخمة أميل إلى السواد في لونها، وإلى الجبل الشاهق في شكلها وامتدادها الرأسي، والتي هي ما عرفت باسم سحب الركام المزني (كومولونيمبوس Cb). التي يخشاها كل من يشاهدها، ويرتعب منها كل من يقع في طريقها.

وتكاد الآية القرآنية الكريمة تشرح ما ذكرناه: ﴿ألم ترى أن الله يزجي سحاباً ثم يؤلف بينه، ثم يجعله ركاماً فترى الودق يخرج من خلاله، وينزل من السماء من جبال فيها من بَرَد فيصيب به من يشاء ويصرفه عن من يشاء، يكاد سنا برقه يذهب بالأبصار﴾[1].

فالسحب الركامية المزنية (سحب العواصف الرعدية) تتشكل في البداية من كتل سحبية صغيرة، تتجمع فيما بينها وتنمو وتنتفخ رأسياً لتصبح ركاماً ضخماً كالجبال، تنهمر الأمطار منا (الودق) ويصب البرد صباً يصيب مناطق دون سواها، وهو مترافق بالرعد القوي وضوء البرق الشديد الذي يذهب بالبصر لمن ينظر فيه.

---

(١) ـ النور/٤٣.

والمألوف والمعروف أن سحب العواصف الرعدية تتلازم فيها الظاهرات الضوئية (البرق والصاعقة) والصوتية (الرعد) مع الظاهرات المائية (هطول أمطار غزيرة وبَرَد وفير)، وهذا ما تؤكد عليه الآية الكريمة ﴿ومن آياته يريكم البرق خوفاً وطمعاً، وينزل من السماء ماءً فيحيي به الأرض بعد موتها، إن في ذلك لآيات لقوم يعقلون﴾[1]. فالبرق الذي هو بمثابة شرارة كهربائية مضيئة ترهب وترعب من يشاهدها، فهي النار الحارقة القاتلة إن بلغت الأرض وضربت الإنسان، ولذا فهي نذير له بعاقبة أفعاله، كما أنها بشير خير للإنسان. فسحابة العاصفة الرعدية ذات البرق الشديد لا يمكنها أن تمر وتتلاشى دون أن تعطي أمطاراً وفيرة تحي الأرض، بما ينبت فيها من نبات.

وتبدو سحب العواصف الرعدية في السماء قاتمة مظلمة، وهي تصب الماء صباً على الأرض، ويبرق الضوء فيها مبدداً ظلمتها، ويجلجل فيها الرعد جلجلة، ويقصف قصفاً كأصوات المدافع، مما يجعل الناس يضعون أصابعهم في أذانهم خشية الصم، وما أن يبلغ برقها الأرض ويصيب الإنسان حتى يصعقه فيقتله، وما هذا إلا غضب من الله (فيضانات وسيول مدمرة، ورعد يصم الآذان، وصاعقة تقتل وتحرق)، وهذا ما جاء في الآية الكريمة: ﴿أو كصيب من السماء فيه ظلماتٌ ورعدٌ وبرقٌ يجعلون أصابعهم في آذانهم من الصواعق حذر الموت والله محيط بالكافرين﴾[2].

فالبرق بقدر ما هو مخيف، فإنه من خلال السحاب الثقال المليء

---

(١) ـ الروم/٢٤. والمقصود من السماء؛ أي من السحب التي يحدث فيها البرق.

(٢) ـ البقرة/ ١٩.

بقطرات الماء وبلورات الجليد، فإن رؤيتنا له تدلنا على ما سيمكن لذاك السحاب من أن يعطيه من هطولات وفيرة. فبقدر الخوف منه، هناك طمع برحمة الله بما سيرافقه من هطولات، لما في ذلك من قوله تعالى: ﴿هو الذي يريكم البرق خوفاً وطمعاً، وينشئُ السحاب الثقال﴾[1].

وسحب العواصف الرعدية يغلب عليها المحلية، وهي ليست سحباً عامة في العروض المعتدلة. والصاعقة ليست ظاهرة مساحية انتشارية، وإنما تصيب مناطق محددة دون سواها، فهي يمكن أن تصيب إنسان ولا تصيب آخر يبعد عنه بضعة أمتار، وفي ذلك قوله تعالى ﴿ويسبح الرعد بحمده والملائكة من خيفته، ويرسل الصواعق فيصيب بها من يشاء، وهم يجادلون في الله وهو شديد المحال﴾[2].

إن البرق من شدة ضيائه ولمعانه قد يذهب بالبصر ويؤدي إلى العمى، لما في قوله ﴿يكاد البرق يخطف أبصارهم﴾[3]، ولذا يحذر من النظر إلى ومضات البرق الشديدة عند حدوثه، خاصة إذا ما كان قريباً من سطح الأرض ومن المشاهد.

ونتيجة لفعل الصاعقة الحارق والقاتل والمفاجئ مما قد يحرق ويقتلمن يصاب به، ويصعق من هول المفاجأة لشدة صوت ضربة الصاعقة والوهج الناري والضوئي الناتج منها، فقد أنذر الله بها عقاباً للظالمين والضالين، لما في قوله تعالى ﴿فأخذهم الصاعقة بظلمهم﴾[4]،

(١) ـ الرعد/١٢.

(٢) ـ الرعد /١٣.

(٣) ـ البقرة /٢٠.

(٤) ـ النساء /١٥٣.

وكذلك قوله ﴿وإذا قلتم يا موسى لن نؤمن لك حتى نرى الله جهرة فأخذتكم الصاعقة وأنتم تنظرون﴾[1].

فمن يعصي أمر ربه فستأخذه الصاعقة، وهذا ما جاء في الآية الكريمة ﴿فعتوا عن أمر ربهم فأخذتهم الصاعقة وهم ينظرون﴾[2]. وها هم قوم عاد وثمود فماذا فعل الله بهم، فأرسل على عاد ريحاً صرصراً أذاقهم فيها العذاب العظيم، وأما ثمود فلما لم يستجيبوا إلى الهداية، أخذهم الله بصاعقة العذاب، لما في قوله تعالى: ﴿وأما ثمود فهديناهم فاستحبوا العمى على الهدى فأخذتهم صاعقة العذاب الهون بما كانوا يكسبون﴾[3]. وما عاقبة الكافرين والمشركين إلا هي كعاقبة عاد وثمود، إذ جاء في قوله تعالى: ﴿فإن أعرضوا فقل أنذرتكم صاعقة مثل صاعقة عاد وثمود﴾[4].

إن البرق والخسوف والكسوف آيات منظورة من آيات الله يريها لعباده علّهم يتقون. وهي تدل على عظمة الخالق وقدرته، وهو القادر على كل شيء؛ فهو القادر على إحياء العظام وهي رميم. وعلى الإنسان أن يأخذ من الظواهر المرئية العادية والمتكررة دروساً وعبراً عن قدرة الخالق، لما في قوله تعالى: ﴿فإذا برق البصر. وخسف القمر. وَجُمِع الشمس والقمر. يقول الإنسان يومئذ أين المفر﴾[5].

---

(١) ـ البقرة /٥٥.

(٢) ـ الذاريات /٤٤.

(٣) ـ فصلت / ١٧.

(٤) ـ فصلت / ١٣.

(٥) ـ القيامة / ٧، ٨، ٩، ١٠.

الفصل الثاني

العواصف الرعدية عند الشعوب القديمة

١ . عند المصريين القدماء

٢ . عند سكان بلاد ما بين النهرين

٣ . عند الفينيقيين

٤ . عند الفرس

٥ . عند الإغريق

٦ . عند الرومان

٧ . عند شعوب أخرى

٨ . معتقدات أوروبية متأخرة

لم يكن إنسان الأمس منذ قرون خلت، حتى في عصور الحضارات القديمة التي خَلَّفت لنا من المنجزات الحضارية ما يبهر إنسان العصر الحديث. ولكنه وقف منبهراً أمام ما يظلله في القبة السماوية، وما تظهره تلك القبة من معجزات تفوق قدرته على التصور، خاصة تلك التي تبلغ الأرض وتحرق الحيوان والزرع، دون أن يسلم منها الإنسان، والتي ترافق بصوت مرعب مخيف، ماكان في نظر إنسان الأمس إلا الغضب الصاعق للإلهة على المخلوقات، فرضي بما قررته الآلهة، وحاول استرضائها لاتقاء غضبها، بتقديم القرابيين لها. ولكن آلهة الأمس لم تكن تبصر ولا تسمع، ولم تهتم بمن يعبدها، ولا قدرة لها على رد ما لابد منه. ولكنه العجز البشري قديماً أمام تلك الظواهر التي لم يفهم كنهها، ولم يجد تفسيراً لها.

وكثيراً من الجبال كانت أماكن مقدسة اتخذتها الآلهة مقراً ترسل منها الصواعق.

٢ . ١ . عند المصريين القدماء:

لم تكن ظواهر البرق والصاعقة والرعد، بمعزل عن كبير آلهة المصريين وهو الإله (رع) إله الشمس، وكل شيء ناري هو المسؤول عنه بجانب الإله سيث (Seth) إله البرق والرعد عند المصريين القدماء.

٢ . ٢ . عند سكان بلاد ما بين النهرين:

كان للعاصفة والبرق إلهاً يدعى إشكور (Ishkur) عند السومريين[١]، وهو الإله أداد (Adad) أو الإله حَدَد (Hadad) عند

(١) ـ إمام عبد الفتاح إمام؛ معجم ديانات وأساطير العالم، ج ٢٠٧/٣.

الأقوام السامية الأخرى في بلاد ما بين النهرين[1]. كما كان يطلق على إله العاصفة اسم ريمون (Rimmon) عند البابلين والأكاديين، وهو نفس الإله حدد. كما كانت الآلهة نينورتا آلهة للعواصف الرعدية عند السومريين والبابليين. كما كان إنليل إلهاً للرعد عند البابليين .

وفي القرن العاشر قبل الميلاد عبد الآراميون حدد إله العاصفة في سورية وبخاصة في مدينة دمشق[2].

وعند الحثيين كان إله العاصفة هو زوج الآلهة عرينا التي كانت كبيرة آلهتهم. كما كان إله العاصفة في زيبا لاند ونيريق، هما ابنا عرينا وزوجها[3].

٢ . ٣ . عند الفينيقيين:

كان للفينيقيين إلهاً للبرق أو الشعلة، وهو الإله رشف (رشوف) الذي كان يقدسه القبارصة وهو سوري الأصل، دعوه اليونان باسم أبولون[4].

٢ . ٤ . عند الفرس:

كان (أهورا ـ مزدا) هو إله السماء عند الفرس، وكان البرق سلاحه لمحاربة الشياطين. ولذا اعتبرت النار عندهم رمزاً للطهارة والحياة[5].

---

(١) ـ نور الدين حاطوم، وآخرون؛ موجز تاريخ الحضارة، ج ١٩٥/١.

(٢) ـ المرجع نفسه؛ ص ٢٥٨.

(٣) ـ المرجع نفسه؛ ص ٢٧٢.

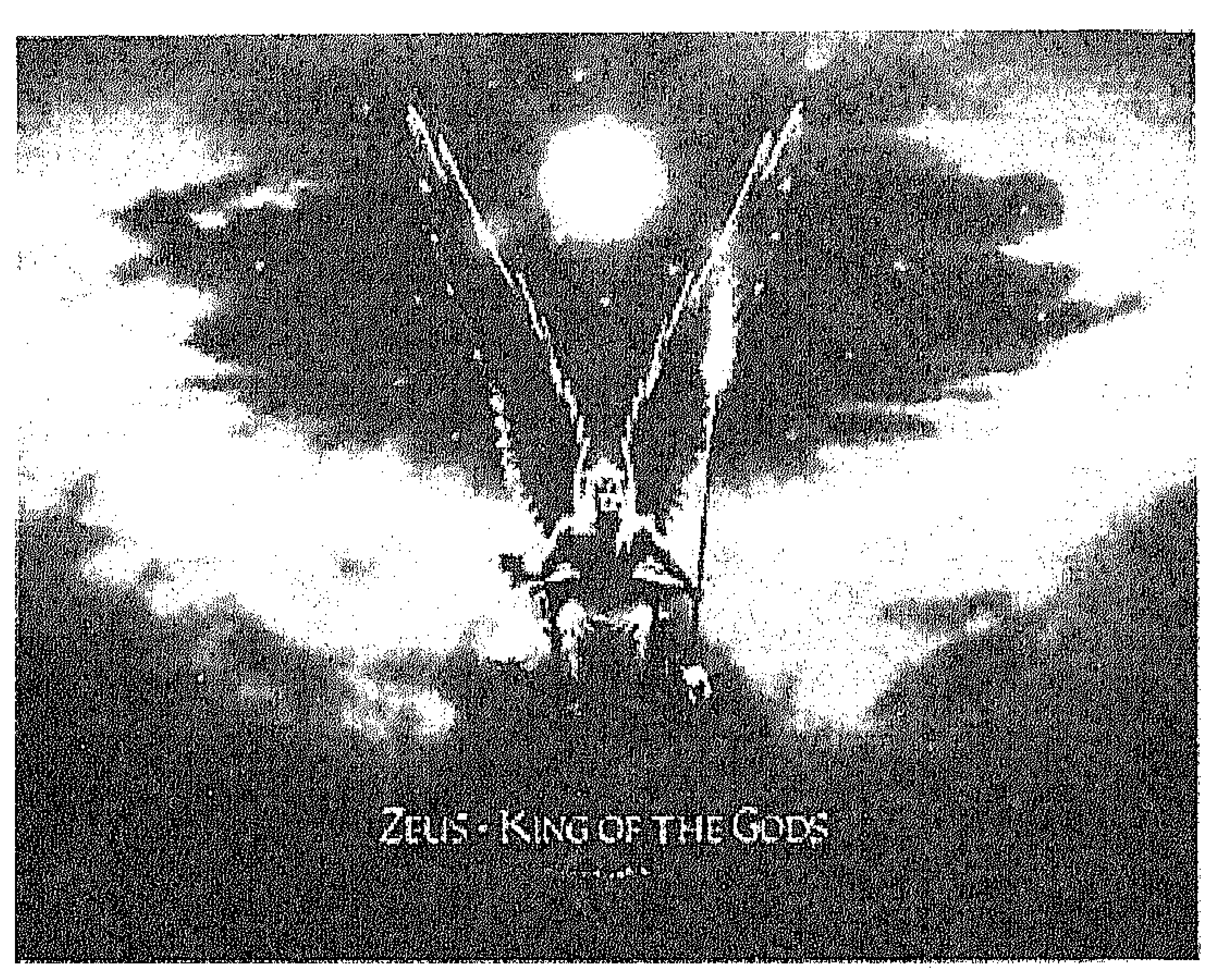
(٤) ـ المرجع نفسه؛ ص ٢٥١.

(٥) ـ المرجع نفسه؛ ص ٢٩٣.

٢ ـ ٥ . عند الإغريق:

تشير الأساطير الإغريقية إلى أن البرق كان سلاحاً لكبير آلهتهم زيوس (Zeus) الذي استخدمه لتخويف أعدائه والانتقام منهم، ومن خلاله يحرق كل من يعصيه أو يخالف أوامره (شكل ـ ١). فالبرق عند الإغريق ينسب للآلهة وليس كظاهرة طبيعية لها قوانينها.

وتكاد أن تكون معظم شعوب الأرض في العصور القديمة، وحتى فترة ليست بالبعيدة من العصور الحديثة آمنوا بوجود آلهة للبرق والصاعقة والرعد. والجدول التالي يبين أهم آلهة البرق والرعد والصاعقة عند الشعوب القديمة.



شكل (١)

صورة الإله زيوس كبير آلهة الإغريق ـ إله البرق والصاعقة

الآلهة الآسيوية		
اسم الإلـه		مكان العبادة
آدد (حدد)	Adad	سكان بلاد ما بين النهرين
بعل حدد	Baal –Hdad	السوريين القدماء
إشكور	Ishkur	سكان بلاد ما بين النهرين
تيسوب	Tesup	سكان سورية وبلاد ما بين النهرين
لي جونج	Lei Gong	الصينيين
لي - زي	Lei - Zi	الصينيين (إلهة)
كسيو وينين	Xiu Wenyin	الصينيين
باريانيا	parjnya	الهندوس
رايين	Raijin	اليابانيين
رايدن	Raiden	اليابانيين
رايتارو	Raitaro	اليابانيين
سوسانو - و	Susano - o	اليابانيين
اجي - سوكي - تاكا - هيكو	Aji- Suki- Taka-Hiko- Ne	اليابانيين
كاميناري	Kaminari	اليابانيين (إلهة)
سوسانو	Susanoo	إله العواصف والبرق عند اليابانيين
تاكي ميكازوشي	Taki - Mikazuchi	إله الرعد عند اليابانيين
دالو جدوج	Dalogdog	الفيليبينيين
ايندرا	Indra	الهندوس
هوراجاليس	Horagalles	السياميين
الآلهة الأوربية		
جوبيتر	Jupiter	الرومان

جوفور	Jofur	الرومان
سومانوس	Summanus	الرومان
بيريندي	Perendi	الألبان
بيركوناس	Perkunas	الليتوانين
بيرون	Perun	السلافيين
ثور	Thor	الاسكندنافيين/ النرويجيين
زيوس	Zeus	الإغريق
برونتيس	Brontes	الإغريق
تويريان	Tuireann	الإيرلنديين
تورمايه	Tormagh	الايرلنديين
أوكو	Ukko	الفنلنديين
بيكني	Pikne	الاستونيين
توربورغ	Torborg	السويديين
تارانت	Tarant	الويلزيين
تيريل	Terrill	انكلترا
تارليتون	Tarleton	انكلترا
زيبلثيوردوس	Zibelthiurdos	التراقيين (تراقا)
امبيساجروس	Ambisagrus	الغاليين (بلاد الغال)
ليوسيتيوس	Leucetios	الغاليين
تارانيس	Taranis	السلتيين (سكان غرب أوربا الأقدمين)
آلهة الأفارقة		
أزاكا ـ تونيري	Azaka - Tonnerre	الأفارقة القدماء
دونجو	Dongo	الأفارقة القدماء

جاكوتا	Jakuta	الأفارقة القدماء
مولونجو	Mulungu	الأفارقة القدماء
أويا	Oya	الأفارقة القدماء
أوشي	Oshe	الأفارقة القدماء
شانجو أوريشا	Shango Orisha	الأفارقة القدماء
شانجو يوروب	Shango Yorub	الأفارقة القدماء
جونتور	Guntur	كينيا
سيث	Seth	عند المصريين القدماء
الأمريكان القدماء		
آه ـ بيكو	Ah – peku	المايا
اكتزين	Aktzin	المكسيك
أبوكاتيجويل	Apocatequil	الآنكا
كاتيجويل	Catequil	الآنكا
شاك	Chac	ألمايا
كوسيجو	Cocijo	المكسيك
ايايابا	Iiyapa	أنكا
ياسو	Jasso	مكسيك
كسولوتل	Xolotl	الأزتيك
الباسفيك الجنوبي		
هايكيلي	Haikili	بولينيزيين
إيبليا ليزارد	Ipilya Lizard	الاستراليين
كاهاي	Kaha'i	بولينيزيين
أويرا	Uira	بولينيزيين

ماماراجان	Mamaragan	الاستراليين
تاوهاكي	Tawhaki	إله البرق والرعد عند الماوري والبولينزيين
أهومانا	Ahomana	بولينزيين

٢ . ٦ . عند الرومان:

كان جوبيتر (Jupiter) كبير آلهة الرومان يمثل في أول الأمر: السماء الصافية وأشعة الشمس ونور القمر وقصف الرعد، ثم غدا إلهاً للمطر المخصب[١].

أيضاً كان للبرق عند الرومان إلهة تدعى فولجورا (Fulgora)، وهي التي تقوم بحماية البيوت من الصواعق والعواصف العنيفة[٢].

٢ . ٧ . عند شعوب أخرى:

كان إله الرعد عند الهندوس هو الإله ايندرا، وعند الاسكندنافيون الإله ثور، وعند السلافيون الإله بيرون.

٢ . ٨ . معتقدات أوروبية:

وفي أوربا المسيحية خلال العصر الوسيط، كان الأساقفة يطلبون من قارعي أجراس الكنائس قرعها بمجرد بدء العاصفة الرعدية، ويستمرون حتى نهايتها، وأجراس الكنائس المعدنية كانت من أهداف الصاعقة، فقد قتل نحو (١٢٠) شخصاً من قارعي الأجراس في ألمانيا القرون الوسطى بسبب الصواعق خلال ثلاثين عاماً[٣].

(١) ـ المرجع السابق نفسه، ص ٥٦٩.

(٢) ـ إمام عبد الفتاح إمام؛ مرجع سابق، ج ١/٤٠١.

(٣) ـ بورغاتش، أ.ف، نشوريوموف، د. ك. أ؛ السماء دون غرائب، ص٢٠٣.

وكانت الصاعقة عند بعض الشعوب بمثابة ناراً ربانية، يحظى كل ما يرتبط بها بالتقديس، وعند شعوب أخرى كانت غضباً وانتقاماً، لذلك يجب طردها كما تطرد الأرواح الشريرة.

ففي القرن التاسع عشر الميلادي، كانت بعض القبائل في جنوب أفريقية، تستبشر الخير والبركة إذا ما ضربت صاعقة شجرة وأشعلت النار فيها؛ حيث كانت المواقد تطفأ في كل الأكواخ، ليقوم زعيم القبيلة لقاء مكافأة معينة، بحمل النار المباركة التي أرسلها الإله السماوي، إلى كل أسرة ، لإشعال نار مواقدها منها، لأنه كان في اعتقادهم أن الذي أضرم النار في الشجرة هو الإله الذي ظهر على شكل رمح ناري. غير أن سكان جزيرة بورنيو كان يخشون العاصفة الرعدية، ولذلك سرعان ما كانوا يمتشقون سيوفهم من أغمادها في أثناء العاصفة الرعدية القوية، ويلوحون بها فوق رؤوسهم لتخويف شيطان العاصفة وإبعادها عنهم.

كما كانت بعض الشعوب الأوروبية حتى مطلع القرن العشرين، ترى أن سبب العاصفة الرعدية برعدها وبرقها، قوة شريرة تتمثل بالساحرات. وكان من عادة تلك الشعوب وضع خشبة تدعى بالخشبة المقدسة في الموقد(*)، عند بدء العاصفة الرعدية في مكان قريب. وكان الاعتقاد أن الصاعقة لا تصيب المنزل الذي تشتعل فيه الخشبة المقدسة. وأن النار المقدسة تحمي من النار الشريرة اللعينة[1].

(*) - الخشبة المقدسة؛ عبارة عن قطعة محترقة أو جزء من الخشبة التي أحرقت في نيران العيد عشية الميلاد. وكانت تحفظ في المساكن عاماً كاملاً، حتى إضرام نار عيد الميلاد القادم.

(١) - المرجع السابق؛ ص ٢١٤.

الفصل الثالث

العواصف الرعدية في التراث العربي والإسلامي

١. ابن سينا
٢. المرزوقي
٣. إخوان الصفا
٤. ابن رشد
٥. القزويني
٦. القلقشندي
٧. النويري

لقد ورث العرب في العصر الإسلامي موروثات علمية كبيرة من شعوب سابقة لذاك العصر حققت تقدماً ملحوظاً في المجالين العلمي والمعرفي (اليونانيين، الرومان، سكان بلاد ما بين النهرين.. الخ)، وعالجوها بمفاهيم علمائهم، لما لاحظوه من مظاهر تشبه ما نقلت إليهم، وقد أفلحوا تارة وأخفقوا أخرى، خاصة فيما هو مماس لحياتهم اليومية من ظواهر برق ورعد وصاعقة.

٣.١. ابن سينا:

علل معظم الجغرافين والعلماء العرب القدامى صوت الرعد، بأنه الصوت الذي تحدثه الريح عندما تعصف في السحاب الكثيف. تلك الريح نفسها التي باحتكاكها القوي مع البخار الدخاني المتكاثف أسفل السحابة، لحرارتها وتهيئتها للاشتعال تؤدي إلى الاشتعال ناراً تستحيل برقاً، وهذا ما عبر عنه (ابن سينا)، حيث قال: «إن الرعد عبارة عن ريح عاصفة تتشكل في السحاب الكثيف بفعل احتباس البخار الدخاني فيه ومنعه من النفوذ في الهواء البارد، وعدم تبرده بسرعة تبرد البخار المائي، مما يجعله يتعصر عصراً بفعل تكاثف البخار المائي حوله وضغطه عليه، مما يجعل ذلك البخار الدخاني ينعقد ريحاً يأخذ نحو الجهة التي يتفق لها النزول عنها والنفوذ فيها - لعدم استطاعته خرق أعلى السحاب.. ويستحيل ريحاً عاصفة في السحاب، ويمتد إلى الجهة المتخلخلة من السحاب في أكثر الأمر،

وهي الجهة التي تلي الأرض، لأنها أسخن من الجهة الفوقانية المتلبدة بالبرد وأسخف. والريح إذا عصفت في الهواء الرقيق اللطيف سمع لها صوت شديد، فكيف في سحاب كثيف؟ فيجب أن يسمع له صوت الرعد. ولأن هذا الدخان لطيف متهيء للاشتعال، فإنه يشتعل بأدنى سبب مشعل، فكيف بالحركة الشديدة والمحاكة القوية مع جسم كثيف. والحك نفسه أولى بالاسخان من نفس الحركة أو مثلها. ولذا فلا عجب أن تحيله المحاكة والاضطراب والانضغاط إلى حرارة مفرطة، فيشتعل لهذه العلل ناراً ويستحيل برقاً»[1].

لقد أصاب (ابن سينا) في الدور الذي أعطاه لعملية الاحتكاك (المحاكة) في التسخين الذي يحدث على مسار الريح العاصفة المنطلقة من أواسط أو أعالي السحاب إلى أسفله - وهي عموماً ليست بالريح حسب المفاهيم الحديثة -، التي تصل إلى حد اشتعال بخارها الدخاني مبرقاً ضوءاً شديداً يكاد يبهر الأبصار. فعملية الاحتكاك هي الفاعل الأساسي في تشكل البرق، وما ينجم بالتالي عن التسخين الشديد المفاجئ من صوت هادر هو الرعد.

ويستطرد (ابن سينا) في حديثه عن البرق والرعد، بقوله «ولا يكون برق إلا ومعه رعد. لكن البرق يرى، والرعد يسمع ولا يرى. فإذا كان حدوثهما معاً رؤي البرق في الآن وتأخر سماع الرعد، لأن مدى البصر أبعد من مدى السمع. فإن البرق يحس في الآن بلا زمان، والرعد الذي يحدث مع البرق يحس بعد زمان. لأن الإبصار لا يحتاج

---

(١) - ابن سينا: المعادن والآثار العلوية، ص ٦٧ - ٦٨.

فيه إلى موازاة وإشفاف، وهذا لا يتعلق وجوده بزمان. وأما السمع فيحتاج فيه إلى تموج الهواء، أو ما يقوم مقامه، ينتقل به الصوت إلى السمع، وكل حركة في زمان. ولهذا ما يرى وقع الفأس، وهو إذا كان يستعمل في موضع بعيد قبل أن يحس بالصوت بزمان محسوس القدر، وأما إذا قرب فلا يمكنك أن تفرق بين ذلك الزمان القصير وبين الآن. فسبب البرق والرعد في أكثر الأمر هو الحركة الريحية التي تحدث صوتاً، وتشتعل اشتعالاً، وربما كان البرق أيضاً سبب الرعد»[1]. فنحن فعلاً نرى ضوء البرق قبل سماعنا صوت الرعد، ونحس وكأن رؤيتنا للبرق موافقة للحظة حدوثه (في آن واحد)، وهذا مرده إلى قرب منطقة حدوث البرق منا - التي لا تتعدى بضعة كيلومترات - والسرعة الفائقة للضوء. ولكننا لا يمكننا أن ننفي - كما نفى ابن سينا - أن للضوء زماناً وسرعة معينة، وهذا ما كان أشار إليه العالم العربي الشهير (ابن الهيثم). فللبرق بضوئه زمان ولصوت الرعد زمان، ولكل منهما سرعة محددة، وفارق السرعة بينهما هو الذي يجعلنا نرى البرق أولاً وبعده الرعد، رغم التزامن المطلق في حدوثهما معاً. وليس من الضرورة أن يرافق كل برق حدوث الرعد - كما أشار إلى ذلك أيضاً (ابن سينا)[2] -، ولكن لابد من أن يسبق كل رعد برق.

ومما سلف ذكره، يتراءى لنا أن (ابن سينا) كان يرى أن البرق

(١) - المصدر نفسه؛ ص ٦٩.

(٢) - المصدر السابق نفسه؛ ص ٦٩.

يسبق ـ في حدوثه الرعد، باعتبار أن الرعد الذي هو صوت الريح العاصف يولد باحتكاكه بالهواء البرق. ولكن الحقيقة أن الظاهرتين تحدثان مع بعض، والحرارة الشديدة، تولد الانفجار الصوتي الشديد (الرعد).

والصاعقة في نظر (ابن سينا) وغيره من العرب القدماء، ما هي سوى ريح نارية، وهذا ما أورده في هذا الخصوص: «وأما الصاعقة فإنها ريح سحابية مشتعلة، ليست بلطيفة لطف البرق الذي لأجله لا يبقى شعاع البرق زماناً يعتد به، بل يتحلل ويطفأ. بل جرمها المشتعل لاستحصافه واجتماع ثقله الأرضي، أو لاضطراره إلى ذلك المأخذ والجهة، على ما نبأنا به. وقوامها مع ذلك مختلف: فربما كانت ريحاً سحابية ساذجة، فتكون صاعقة لطيفة وربما كانت لافحة فقط، وربما كانت سافعة اللون، وربما كانت مؤثرة فيما يقوم في وجهها، لكنها تنفذ في الأجسام المتخلخلة، ولا تحرقها، ولا تبقي فيها أثراً، وربما كانت أغلظ من ذلك فتنفذ في المتخلخل نفوذاً يبقي فيه أثر سواد، وتذيب ما تصادمه من الأجسام المتكاثفة. وربما كانت سحابية زوبعية مشتعلة، وتكون من مادة كثيفة، فتكون شر الصواعق.

وبالجملة فالصواعق رياح سحابية مشتعلة، وربما طفئت هذه الصواعق فتستحيل أجساماً أرضية بحسب المزاج الذي يكون فيها. وإذا أرادت صاعقة أن تصعق تقدمتها في أكثر الأمر ريح»[1].

فالصاعقة عموماً من الطبيعة نفسها للبرق، وهذا ما عبّر عنه (ابن

---

(١) ـ المصدر نفسه، ص ٧٠ ـ ٧١.

سينا)، وهي حقيقة هكذا، ومادتهما واحدة، غير ما ذكرها (ابن سينا). والصاعقة مختلفة القوة، فمنها الشديد، ومنها الخفيف، ومنها الأشد؟ كما هو مذكور سابقاً والذي يتخذ شكل كرات صغيرات تسقط على الأرض. وما ذكره (ابن سينا) من أثار للصاعقة لا غبار عليه.

٣-٢. المرزوقي:

يعرض (المرزوقي) أراء الأولين في الرعد والبرق والتي تختلف قليلاً عما أورده (ابن سينا) فيما ذكرنا بعضه سابقاً، حيث يورد الآراء التالية: إذ علا البخار الرطب وبلغ إلى الموضع البارد والجبال دفعه البرد إلى أسفل فاحتقن هناك وصارت الجبال القريبة له كالمغارات وتكاثفت أجزاؤه فيكون منه السحاب والضباب والندى على قدر اختلاف البخار الذي يصعد. فإذا اجتمع ذلك البخار الرطب هناك حصر ما فيه من البخار اليابس الصاعد من الأرض معه. وإذا كان ذلك اضطرب البخاران اليابس الحار والبارد الرطب في جوف السحاب فقرع السحاب وصدعه فيكون من ذلك القرع صوت يسمى الرعد، ويكون من ذلك التصدع تلهب يقال له البرق، وهما يكونان في وقت واحد، ولكن البصر ترى الألوان بلا زمان والسمع لا يدرك الصوت إلا بزمان، وذلك الزمان على قدر بعد السحاب من الأرض. فإذا كان ذلك السحاب من الأرض قريباً تبين رؤية البرق وسمع الرعد في زمانين متقاربين، وإذا كان السحاب بعيداً من الأرض كان بين رؤية البرق وسماع الرعد زمان طويل. وشبه ذلك الصوت الذي يكون من السحاب بالحطب الرطب الذي يشتعل فيه النار فيسمع له صوت وقرقعة، فعلى

قدر كيفية السحاب وكيفية البخار الحار اليابس المختنق فيه يكون ذلك الصوت الذي هو الرعد والضوء الذي هو البرق[1].

إن ما تقدم ذكره عن آلية تشكل الرعد والبرق بعيداً عن الصحة وما تم إثباته علمياً في العصر الحديث، كما أنه يخالف رأي (ابن سينا) المجانب بفكرته من الحقيقة. بجانب أيضاً، اعتباره أن الصوت هو من له زمان ينتقل عبره، دون أن يكون للضوء ذلك. فللبصر زمان كما للصوت. ولكن (المرزوقي) يؤكد على تزامن حدوث الرعد والبرق في آن واحد.

ويرجع (المرزوقي) تشكل الصاعقة إلى سببين: «والصاعقة تكون لعلتين إما لاكتمان النار في الغمام وإفلاتها بغتة، وإما لاكتمان الريح في الغمام واحتكاكه به وشدة خروجها بغتة، وفي مجيئها إلى الأرض تصير ناراً، كما ترى ذلك في الرصاص إذا رمي بالقلاع فإنه يسخن بمحاكة الهواء ويلتهب ويذوب»[2].

وهاتان العلتان هما اللتان كانتا مسيطرتان على أفكار وآراء العلماء العرب ـ كما أسلفنا ذكره سابقاً ـ، فهذا ما تبنى علة وآخر تبنى غيرها. وكنا أوضحنا مدى صحة هذه العلة أو تلك.

ويتضح مما أورده (المرزوقي) بقوله: والصاعقة تنفذ في كل جوهر محسوس، وهي لا تبصر لأنها بلطافتها تفوت أبصارنا، لكن أفعالها تبصر. ولسرعة حركتها تجاوز الوقت الذي يمكن أن يكون فيه

---

(١) ـ المرزوقي؛ كتاب الأزمنة والأمكنة، ج ٢ / ١٠٦ ـ ١٠٧.

(٢) ـ المرزوقي؛ ج ٢/ ١٠٨.

البصر[1]. إنه يعطى لضوئها سرعة وزمناً لرؤيته، ومن أن سقوطها على سطح الأرض يتم ـ في سرعة فائقة، تترك آثاراً واضحة فيما تحرقه وتذيبه مما تقع عليه.

٣.٣. إخوان الصفا:

رغم الصبغة الفلسفية التي اتسمت بها رسائل إخوان الصفا، إلا أنهم عالجوا فيها موضوعات علمية غاية في الأهمية، ومنها البرق والرعد... وغيرهما. وهم يميزون بين البرق كضوء والرعد كصوت، ويؤكدون حدوثهما معاً في وقت واحد، وهذا صحيح. ونظرتهم إلى الضوء - بصفته لمعان البرق - على أنه روحاني الصورة، يتوافق مع أفكارهم، ومع أهمية الضوء باعتباره مفتاح أسرار الكون برمته، إلا أن قولهم بأن البرق يسبق إلى الأبصار صوت الرعد عن السماع، فيه ما يوحي بأن للضوء سرعة وزمان؛ فالضوء أسبق - بمعنى أسرع - في الوصول إلى أعيننا من بلوغ الصوت أذاننا. لكن (إخوان الصفا) لم يتوفقوا في تعليلهم لأسباب تشكل البرق والرعد والصاعقة، وهذا ما قالوه في هذا الشأن برسائلهم[2].

«وأما البروق والرعود فإنهما يحدثان في وقت واحد، ولكن البرق يسبق إلى الأبصار قبل الصوت إلى المسامع، لأن أحدهما روحاني الصورة وهو الضوء، والآخر جسماني وهو الصوت. وأما علة حدوثهما فهي البخاران الصاعدان إذا اختلطا في الهواء، والتف البخار الرطب

---

(١) - المصدر نفسه؛ ص ١٠٨

(٢) - إخوان الصفا؛ ج ٢، رسالة ١٨، ص ٧٥ - ٧٦.

على البخار اليابس الذي هو الدخان، واحتوى برد الزمهرير على البخار الرطب، وضغطهما، فانحصر البخار اليابس في جوف البخار الرطب، والتهب في جوف البخار الرطب، وطلب الخروج دفعةً، وانخرق البخار الرطب، وتفرقع من حرارة الدخان اليابس، كما تتفرقع الأشياء الرطبة إذا احتوت عليها النار دفعةً واحدة، وحدث من ذلك قرعٌ في الهواء واندفع إلى جميع الجهات، وانقدح من خروج ذلك البخار اليابس الدخاني ضوء يسمى البرق. وربما يذوب ذلك البخار ويصبح ريحاً، ويدور في جوف السحاب، ويطلب الخروج دفعة واحدة بشدة، فيكون من ذلك صوت هائل يسمى صوت الصاعقة، كما يحدث من الزِّقِّ المنفوخ إذا وقع عليه حجر ثقيل فيشقه».

وكما أشرنا سابقاً، فإن تعليل سبب الرعد والبرق بانحصار البخار اليابس في جوف البخار الرطب وانضغاطه إياه إلى الحد الذي ينفجر مخترقاً البخار الرطب محدثاً فرقعة صوتية، ومنقدحاً ضوءاً عند خروج البخار اليابس، لا يتوافق مطلقاً مع المفاهيم الحديثة، إلا من حيث توقيت حدوث الظاهرتين.

٣ . ٤ . ابن رشد:

يجمع (ابن رشد) الرعد والبرق والصاعقة في جنس واحد للترابط الكبير بينهم من حيث آلية الحدوث والتوقيت. ويقول بأن الرعد ليس سوى صوت يسمع في السحاب، سببه ما يتعرض إليه البخار الدخاني من اجتماع وانحصار وانضغاط في عمق السحاب، ليخرج منه بشدة وحمية مندفعاً إلى أسفل وإلى أعلى أو جانبياً محدثاً الصوت عند

خروجه العنيف. كما ينظر إلى البرق على أنه نار ملتهبة ترى في السحاب نتيجة اشتداد حمية (حرارة) الرياح المنطلقة من عمق السحاب. وما الريح الملتهبة النازلة إلى أسفل لتبلغ الأرض سوى الصاعقة[1].

حقاً إن الرعد والبرق يحدثان في السحاب، والصاعقة تسقط من قاعدة السحاب شعلاً لتضرب سطح الأرض، ولكن لا هذا ولا ذاك ريح مضغوط أو ملتهب بالضغط أو بالاحتكاك.

٣ . ٥ . القزويني:

يقدم (القزويني) بعض الأفكار القيمة في عصره معتمداً على ما سبقوه، وذلك فيما يتعلق بالبرق، معتبراً ناره ناتجة عن الاحتكاك بالهواء، ومظهراً التزامن بين حدوث الرعد والبرق، وأسباب سماع الرعد متأخراً عن مشاهدة البرق، وغير ذلك ما هو يرويه بقوله: «زعموا أن الشمس إذا أشرقت على الأرض حللت منها أجزاء أرضية يخالطها أجزاء نارية، ويسمى ذلك المجموع دخاناً، ثم الدخان يمازجه البخار ويرتفعان معاً إلى الطبقة الباردة من الهواء، فينعقد البخار سحاباً ويحتبس الدخان فيه، فإن بقي على حرارته قصد الصعود، وإن صار بارداً قصد الهبوط، وأياً ما كان يمزق السحاب تمزيقاً عنيفاً فيحدث منه الرعد، وربما يشتعل ناراً لشدة المحاكة فيحدث منه البرق إن كان لطيفاً والصاعقة إن كان غليظاً كثيراً. واعلم إن الرعد والبرق يحدثان معاً، لكن يرى البرق قبل أن يسمع

---

(١) ـ ابن رشد؛ كتاب الآثار العلوية، ص ٥٤ ـ ٥٥.

الرعد، وذلك لأن الرؤية تحصل بمراعاة البصر، وأما السمع فيتوقف على وصول الصوت إلى الصماخ وذلك يتوقف على تموج الهواء، وذهاب النظر أسرع من وصول الصوت. والرعد والبرق لا يكونان في الشتاء لقلة البخار الدخاني، ولهذا المعنى لا يوجد في البلاد الباردة عند نزول الثلج، لأن شدة البرد تطفئ البخار الدخاني. والبرق الكثير يقع عنده مطر كثير، وذلك لتكاثف أجزاء الغمام فإنها إذا تكاثفت انحصر الماء فيها، فإذا نزل نزل بشدة»[1].

إلا أن الرعد والبرق لا يحدثان بالآلية سابقة الذكر، رغم ما للاحتكاك بالهواء من أهمية في ذلك - كما سنرى لاحقاً عند عرضنا للمفاهيم الحديثة لهذه الآلية - وشدة البرق أو الصاعقة ليست من نتاج ما ذكر، كما أنه ليس قاعدة أن تكون الصاعقة أشد من البرق، أو العكس. ومن الأفكار المتوافقة مع الحقائق الحديثة، هو التزامن ما بين الرعد والبرق، والفارق الزمني في بلوغهما المشاهد وأسباب ذلك. بجانب ندرة حدوث الرعد والبرق في المناطق الباردة، وقلته كذلك في الفصل البارد (الشتاء) من العروض المعتدلة، وذلك لضعف نشاط التيارات الصاعدة، لأن سحب العواصف الرعدية (الركام المزني) هي سحب امتدادها الشاقولي كبير، وجزؤها السفلي دافئ عموماً، بخلاف سحب البرد والثلج المنتمية إلى النوع نفسه من السحب. وكما ذكر (القزويني)، أيضاً فإن البرق الكثير من علامات حدوث هطول مطري وفير.

(١) - القزويني؛ عجائب المخلوقات وغرائب الموجودات، ص ٦٤.

٣ . ٦ . القلقشندي:

يعرّف (القلقشندي) الرعد بأنه صوت هائل يسمع من السحاب. ويروي ما ذهب إليه الفلاسفة في حدوثه؛ من أنه دخان يتصاعد من الأرض ويرتفع حتى يتصل بالسحاب ويدخل في تضاعيفه، ويبرد فيصير ريحاً في وسط الغيم، فيتحرك فيه بشدة فيحصل منه صوت الرعد. كما أنه يعرف البرق، على أنه ضوء يرى من جوانب السحاب، ويربط حدوثه بالرعد كما يرى الفلاسفة ذلك، من أن دخان يرتفع من الأرض حتى يتصل بالسحاب، ثم تقوى حركته فيشتعل من حرارة حركة الهواء والدخان فيصير ناراً مضيئة وهو البرق[1].

وليس فيما قدمه (القلقشندي) من جديد، ولا جدوى منه. لأنها عرض لأفكار تصورية فلسفية، أكثر منها معالجة علمية لظواهر جوية ذات آلية حدوث معينة.

٣ . ٧ . النويري:

لقد أورد (النويري) فيي كتابه (نهاية الأرب) بعضاً مما قيل في البرق والرعد والصاعقة، مما لا ينسجم مع الحقيقة العلمية[2].

غير أنه كان له معرفة جلية بالآثار المباشرة وغير المباشرة للصاعقة، وهذا ما يورد بعضه في وصف الصاعقة وتخامدها: «وهي نار لطيفة لا تمر بشيء إلا أتت عليه، إلا أنها مع حدتها سريعة الخمود. على أنها متى

---

(١) ـ القلقشندي؛ صبح الأعشى؛ ج ٢ /١٧٨.

(٢) ـ النويري؛ نهاية الأرب، ج ١/ ٨٨ ـ ٩٠.

سقطت على نخلة أحرقت عاليها»[1]. وهذا صحيح، فهي تتخامد بسرعة وتنطفئ بسقوطها على جسم ما تفرغ في أعاليه شحنتها الكهربائية. ويورد أيضاً (النويري) ما هو أبلغ وأدق منسوباً ما يورده إلى صاحب كتاب (مناهج الفكر ومباهج العبر)، وهو الآتي: «ومن عجيب شأن الصاعقة أنها تحرق ما في الكيس، ولا تحرق الكيس؛ وإن احترق فإنما يحترق باحتراق ما ذاب فيه وسال. قال: وهي إذا سقطت على جبل أو حجر كلسته ونفذته، وإذا سقطت في بحر غاصت فيه وأحرقت ما لاقت من جوانبه. وربما عرض لها عند انطفائها في الأرض برد ويبس، فتكون منها أجرام حجرية، أو حديدية، أو نحاسية. وربما طبعت الحديد سيوفاً لا يقوم لها شيء»[2]. فدرجة حرارة الصاعقة التي تبلغ آلاف الدرجات المئوية، تحول الصخر وتصهر المعدن، وتحول الحديد إلى فولاذ، وتكون سبباً في تشكل شذرات معدنية... وغير ذلك مما ورد في الكلام السابق.

ولا ضير ما إذا كان العرب منذ نحو ألف سنة مضت يجهلون حقيقة حدوث الرعد والبرق والصاعقة، إلا أنهم كانوا مقتربين منها في تفسيرهم لعلة الضوء الصادر الذي هو من نتاج احتكاك حركة سريعة بالهواء متولداً عن ذلك الاحتكاك ناراً وضوءاً، وهذا صحيح كما سنرى لاحقاً في المفاهيم الحديثة المفسرة لذلك. ولم يكن العرب قديماً بمعزل عن هذا المجال، بل كانوا على علم ومعرفة ودراية بكل الأفكار والمفاهيم العلمية التي كانت سائدة في عصرهم.

---

(١) ـ المصدر نفسه؛ ج ١ /٨٨.

(٢) ـ المصدر نفسه؛ ج ٨٩/١.

الفصل الرابع

العواصف الرعدية في العصر الحديث

٤ . ١ . تجربة فرانكلين

٤ . ٢ . تجربة توماس فرانسو

٤ . ٣ . تجربة ريخمان

٤ . ٤ . تجارب القرن العشرين

٤ . ١ . تجربة فرانكلين:

بدأ العالم بنيامين فرانكلين (Benjamin Franklin) تجاريه حول الكهرباء في عام (١٧٤٦م). وفي عام (١٧٥٠) اقترح أول تجربة علمية، أثبت من خلالها الطبيعة الكهربائية للبرق، مظهراً أن البرق ما هو سوى شرارة كهربائية ناتجة عن التقاء شحنتين كهربائيتين متعاكستين، ولقد عبر عن ذلك في عام (١٧٥٠م) بقوله: «لكي نحدد ما إذا البرق عبارة عن كهرباء أم لا، نقوم بالوقوف في غرفة صغيرة على برج عالٍ، ثم نرسل سلكاً من الحديد عالياً في الجو أثناء وجود سحب كثيفة وممطرة ـ أي أثناء وجود عاصفة رعدية ـ، فإن الكهرباء الموجودة في السحب سوف تنتقل عبر القضيب المعدني من نهايته العليا إلى نهايته السفلى، وستنطلق شرارة كهربائية. وينبغي عزل القضيب بالشمع كي لا تنتقل الكهرباء عبر الجسم وتسبب الأذى».

وفي عام (١٧٥٢م) نفذ (فرانكلين) تجربته، باستخدام طائرة ورقية هي الأشهر في التاريخ ـ شكل (٢) ـ وأثبت لأول مرة من خلال تلك التجربة؛ أن البرق هو عبارة عن شرارة كهربائية نتيجة التقاء شحنتين متعاكستين.

٤ . ٢ . تجربة توماس فرانسوا:

في العام نفسه (١٧٥٢م) قام العالم الفرنسي (توماس فرانسوا) بتطبيق تجربة فرانكلين، فصنع طائرة ورقية وربطها في سلك معدني ثم أرسلها عالياً في يوم ممطر عاصف، وعندما قرَّب نهاية القضيب

من الأرض انطلقت شرارة قوية تشبه شرارة البرق، فأثبت أن السحب تحتوي على شحنات كهربائية. ولكنه لم يستطع إدراك العمليات الفيزيائية التي سببت هذه الشرارة الكهربائية.

٤ . ٣ . تجربة ريخمان:

في يوم (٢٦) تموز من عام (١٧٥٢م) أيضاً، بدأت العاصفة الرعدية منتصف النهار في مدينة بطرسبورغ الروسية، وكان العالم (ريخمان، غ. ف) ينتظرها بفارغ الصبر، ليختبر جهازه في مختبره الذي اخترعه لقياس المجال الكهربائي الجوي. ولقد سقطت الصاعقة إلى المحور المعدني الموجود على سطح البناء الذي فيه مختبره، والموصول بجهاز القياس في المختبر الذي يقف بجواره ريخمان، وما أن سقطت الصاعقة على المحور حتى انفصلت عن الجهاز كرة مشعة بحجم قبضة اليد، وأصابت ريخمان - الواقف على بعد نصف خطوة من الجهاز - في جبينه مباشرة ليسقط ميتاً في مكانه.

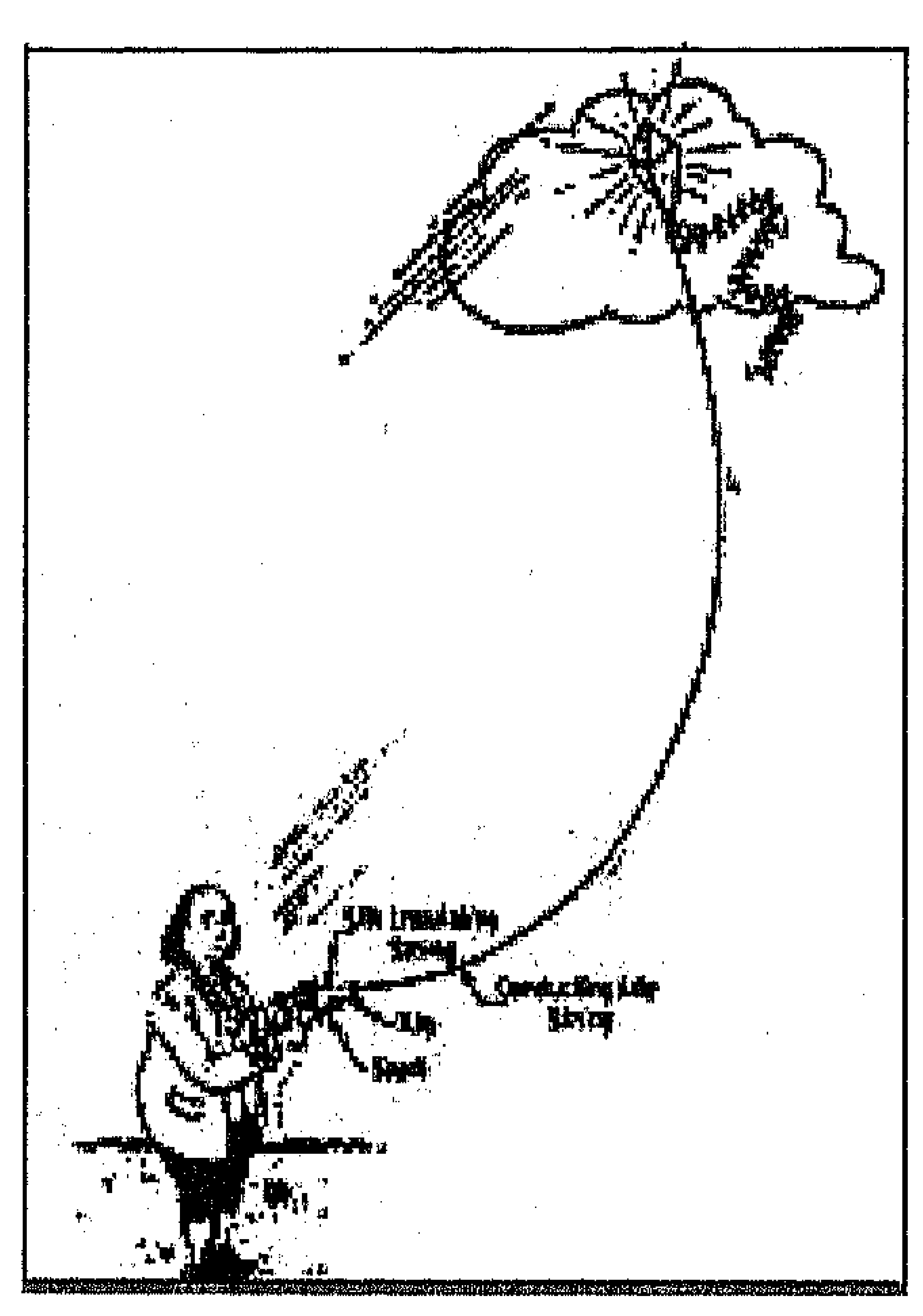
وفي تجربة أخرى، كان ضحيتها القائم بالتجربة (الفيزيائي السويدي رتشمان **C.W. Reichman**)، حيث قام بتطبيق تجربة (فرانكلين) ، بإرسال طائرة ورقية عالياً لتلامس السحابة الرعدية، ولكنه نسي أن يعزل السلك المعدني، فتسببت الشرارة الكهربائية القوية بقتله على الفور.

٤ . ٤ . تجارب القرن العشرين:

تواصلت التجارب حتى القرن العشرين، ولكن بقيت المعرفة متواضعة، إلى أن أصبح التصوير الفوتوغرافي ممكناً. حيث بدأ التصوير الفوتوغرافي للبرق عام (١٩٥٣م) في الولايات المتحدة. وبقيت العمليات

الدقيقة التي ترافق ظاهرة البرق غير واضحة حتى الستينات من القرن العشرين، حيث تطورت التجارب وازداد الاهتمام بها لتجنب ضربات البرق التي تتعرض لها المركبات الفضائية والطائرات والمنشآت الصناعية.

وبفضل التصوير فائق السرعة، والمعالجة الرقمية للبيانات، باستخدام الحاسوب، أمكن إثبات أن ومضة البرق الواحدة تتألف من عدة ضربات، وأن كل ضربة تتألف من عدة أطوار. وقد تم قياس الأزمنة لكل طور بدقة كبيرة، ومشاهدة تلك الأطوار. وهذا ما كان من إنجازات أواخر القرن العشرين وبداية القرن الحادي والعشرين.



شكل (٢) تجربة فرانكلين

الفصل الخامس

سحب العواصف الرعدية

٥ . ١ . آلية تشكل سحب العواصف الرعدية.

٥ . ٢ . نماذج سحب العواصف الرعدية.

٥ . ٣ . مراحل تطور العاصفة الرعدية.

٥ . ٤ . ما هي قوة التصعيد الهوائي داخل السحابة.

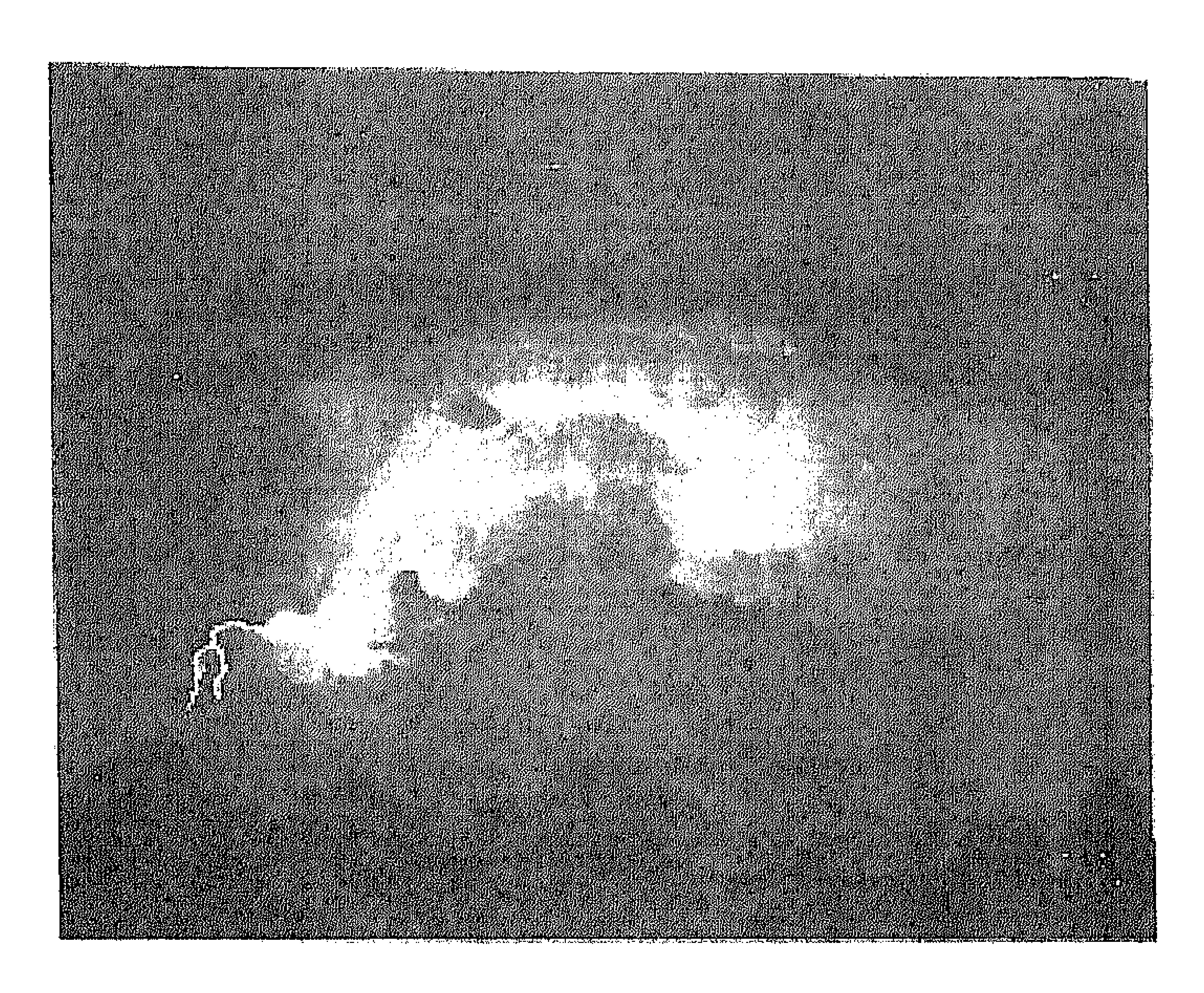
٥ . ٥ . بنية العاصفة الرعدية.

ما من أحد إلا وبات يعرف تلك السحب التي يجلجل فيها الرعد، ويومض البرق، وتسقط منها الصاعقة. وهي من المظاهر الجوية، التي بمظهرها الأشبة بالجبال الشامخة وبلونها الداكن، وبالتشويش في قواعدها وأطرافها، ما يثير الرعب في النفوس، و الخوف مما لها أن تفعله. شكل (٣).

٥ . ١ . آلية تشكل سحب العواصف الرعدية:

تتمثل سحب العواصف الرعدية، بسحب الركام المزني (كومولونيمبوس) فقط، لما تتصف به من نمو رأسي كبير، وفعالية كهربائية شديدة. فهي إن دلت فإنها تدل على حالة اضطراب عنيفة في الجو، وعدم استقرار شديد في أعماق كبيرة من الجو، وتوفر رطوبة عالية. ولذا لا بد لتشكّل سحب العواصف الرعدية من وجود قوة رفع شديدة للهواء الرطب، وهذه القوة يمكن أن تتوفر في ثلاث حالات هي:

١ ـ وجود تسخين حراري شديد لبعض بقع سطح الأرض (التسخين البقعي المحلي)، الذي يؤدي إلى تولّد حركة هواء نشطة للأعلى، قد تصل إلى سقف طبقة التروبوسفير. وتكون سحب العواصف الرعدية الناتجة عن هذه الطريقة محدودة الامتداد الأفقي (دون ٢ كم) قياساً بامتدادها الشاقولي الذي يصل إلى التروبوبوز (المنطقة الفاصلة بين طبقتي التروبوسفير والستراتوسفير، أو كما تعرف بسقف التروبوسفير). وتعرف سحب العواصف الرعدية الناتجة بهذه الآلية باسم **عواصف رعد**



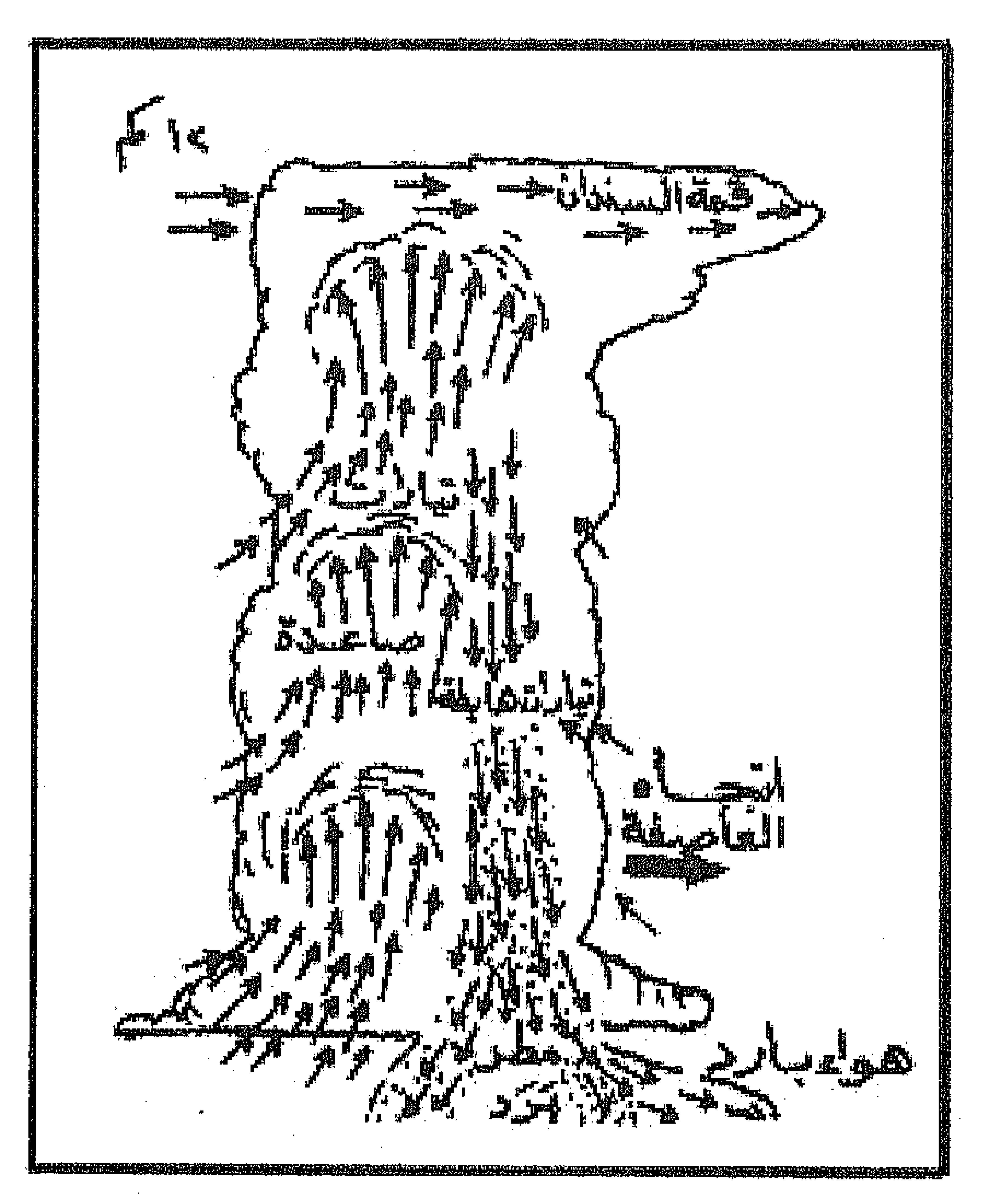
شكل (٣) صورة لسحابة عاصفة رعدية

الكتل الهوائية، لكونها تتشكل ضمن كتلة هوائية واحدة. وتتشكل مثل هذه السحب عادة بعد الظهيرة، في نصف السنة الصيفي من العروض المعتدلة، وفي العروض المنخفضة، بخاصة المناطق المجاورة لخط الاستواء. وتتخذ مثل هذه السحب شكل خلايا منعزلة (Single Cell). شكل (٤).

٢ـ وجود قوة رفع ميكانيكية (تضاريسية)؛ إذ أن اعتراض حاجز تضاريسي (جبال، تلال) لكتلة هوائية غير مستقرة حملانياً أو شرطياً(*)، يؤدي بها إلى الصعود بسرعة لتتشكّل من جراء ذلك سحب

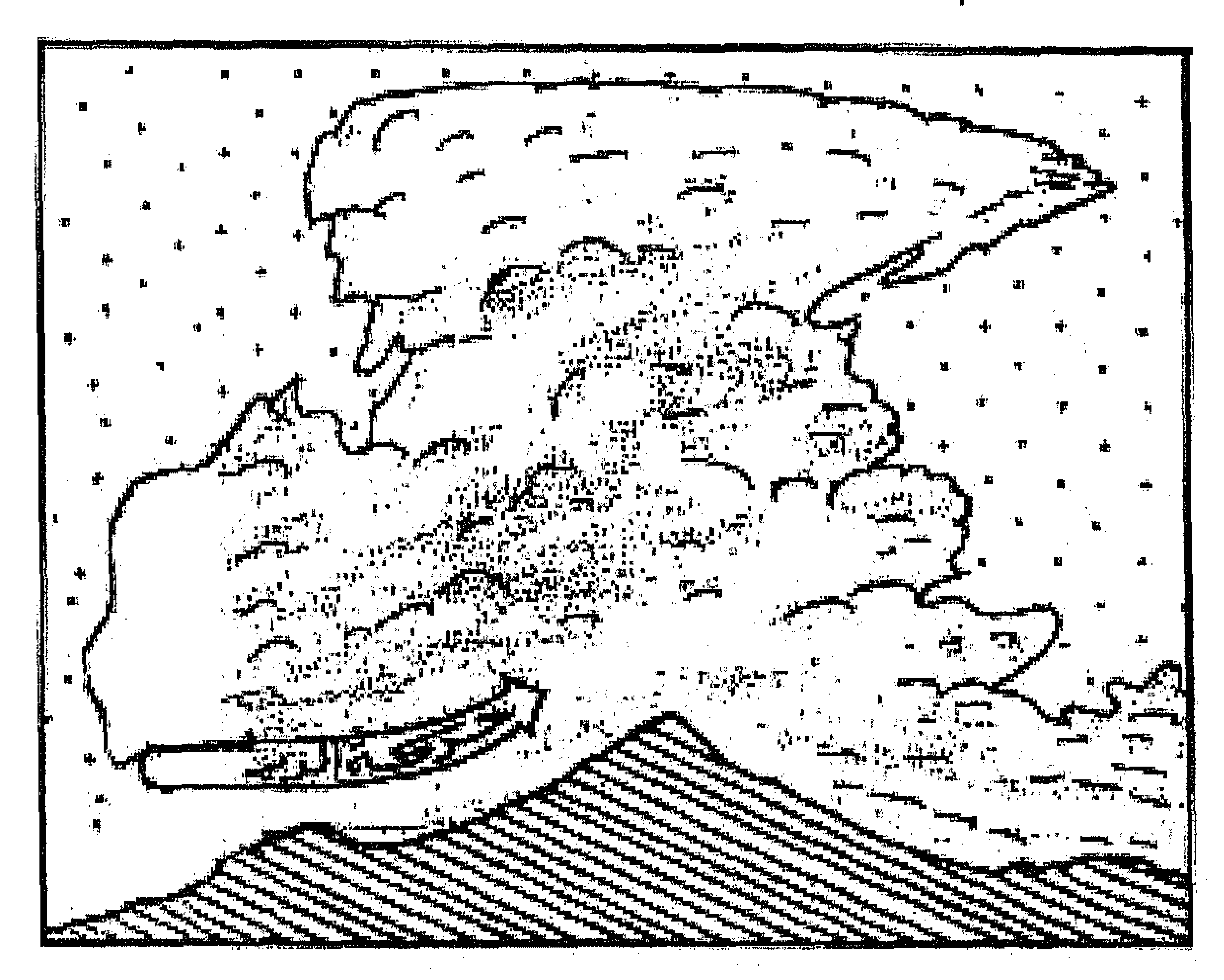
(*) ـ يكون الهواء في حالة عدم استقرار شرطي؛ عندما يكون معدل تناقص حرارة الوسط أقل من المعدل الذاتي (الأدياباتي) الجاف، لكنه أكبر من المعدل الذاتي الرطب. ويكون عدم الاستقرار هذا مشروطاً برطوبة الهواء.

الركام المزني، ويمكن أن تقوّي عملية التسخين الشمسي من قوة الرفع الهوائية. وتبدو سحب العواصف الرعدية التضاريسية منتظمة في شكل حزم - أو بشكل خطي - في اتجاه الرياح عند المستويات المنخفضة - شكل (٥) -، ولذا تعرف بالعواصف الرعدية الخطية، التي تشبه العواصف الرعدية الحملانية - السابقة الذكر - لكون حدوثهما ينتشر بكثرة في العروض الوسطى والمنخفضة، وعادة في فترة بعد الظهيرة وتنتظم تلك السحب بشكل عدة خلايا متواصلة (Multicell Cluster)، كل مجموعة منها تبدو على هيئة خط من العواصف.



شكل (٤) مخطط سحابة عاصفة رعدية منفردة

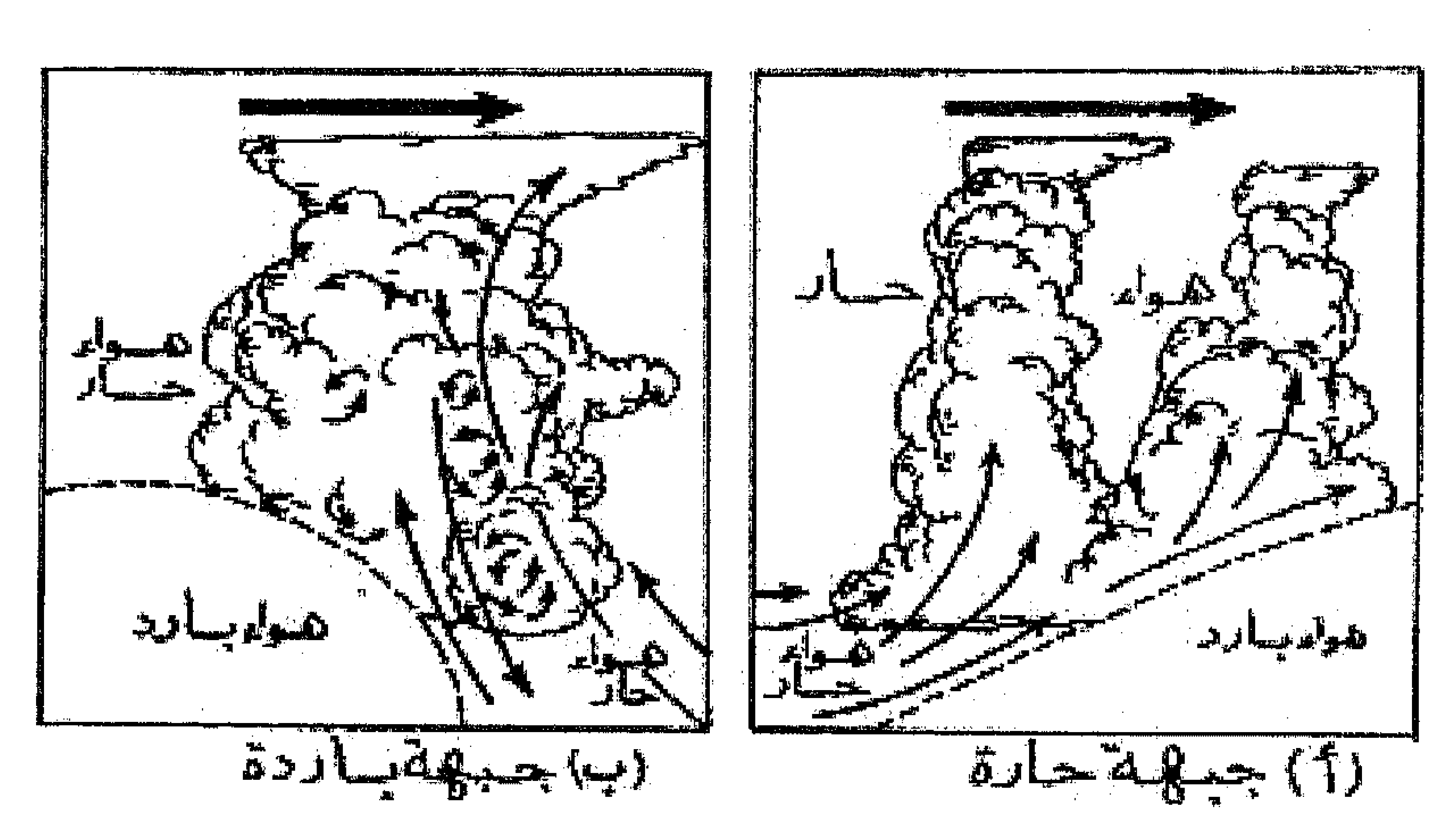
٣ ـ قوة الرفع الجبهية؛ وتتمثل هذه القوة على طول الجبهات الهوائية وخاصة الجبهات الباردة ـ شكل (٦)- ويحدث ذلك عندما يصعد الهواء غير المستقر حملانياً أو شرطياً تحت تأثير قوة صعود حركية (ديناميكية) من خلال اندساس الهواء الأبرد والأكثر كثافة تحت الهواء الأحر في مقدمته، رافعاً إياه بقوة نحو الأعلى؛ متشكلة بذلك سحب الركام ومن ثم الركام المزني، وتعرف العواصف الرعدية الناتجة من هذه الآلية باسم العواصف الرعدية الجبهية، التي تتخذ بصورة عامة في انتشارها امتداداً خطياً متواصلاً، بعرض يتراوح بين (٢٠ ـ ١٠٠ كم)، وطول يصل إلى عدة مئات من الكيلومترات.



شكل (٥) سحابة عاصفة رعدية تضاريسية

ويستمر طرد (حزمة) الهواء الرطب المرتفع - بفعل إحدى القوى الثلاث السابقة - بالتصاعد نحو الأعلى ما دام معدل تناقص حرارته أقل من معدل تناقص حرارة الوسط المحيط به ؛ أي ما دام طرد الهواء الصاعد أدفأ من هواء الوسط المحيط به، الذي يستمر أحياناً حتى نهاية طبقة التروبوسفير (أي حتى ارتفاع ١٢ كم وسطياً).

وبصورة عامة، فإن سحب العواصف الرعدية يمكن أن تأخذ بالتشكل من مستوى قريب جداً من سطح الأرض (٥٠٠ - ١٠٠٠ م). وفي سوية الثلاثة كيلومترات الأولى القريبة من سطح الأرض، فإن سرعة حركة هواء السحب المتصاعد تكون دون (٥ م/ثا)، حيث تتزايد سرعته مع الارتفاع لتبلغ ما يقارب (٢٠ - ٢٥ م/ثا) في الأجزاء الوسطى (بين سوية ٣ - ٨ كم) تقريباً، ولتتناقص في الأجزاء العليا إلى حدود سرعة الأجزاء الدنيا من السحب.



شكل (٦) تطور عاصفة رعدية على طول الجبهات الحارة والباردة

ويجب أن لا تقل نقطة ندى الهواء الرطب المرتفع عن (١٠ مْ)، حيث تنشط عملية التكاثف، وتتحرر كميات كبيرة من الطاقة تمنح السحابة الأولية قوة صعود إضافية ليزداد نموها الشاقولي ولتكتمل السحابة الركامية المزنية العاصفية الرعدية.

وإذا كان لا بد لتشكل سحابة العاصفة الرعدية من توفر هواء حار رطب وغير مستقر، فإنه من الضروري أيضاً أن تكون سماكة السحابة كبيرة بين مستوى التكاثف (قاعدة السحابة) ومستوى التجمد، بحيث لا تقل السماكة عن (٣٠٠٠م). وهذا مؤشر على أهمية حرارة التكاثف في نمو السحابة وفي فعاليتها[1].

٥ . ٢ . نماذج سحب العواصف الرعدية:

تختلف سحب العواصف الرعدية؛ بامتدادها الأفقي والشاقولي، وتختلف مع ذلك فعاليتها الكهربائية والمائية والهوائية. وهناك عدة تصنيفات في ذلك.

٥ ـ ٢ ـ ١ ـ فعلى أساس طبيعة الكتل الهوائية التي تتشكل فيها؛ نميز بين نوعين رئيسين؛ هما:

١ ـ سحب عواصف الكتل الهوائية (Air – Mass Types)؛ وهي السحب التي تتشكل في كتلة هوائية واحدة متجانسة نسبياً، أصابها عدم الاستقرار من قاعدتها. ويميز فيها بين ثلاثة أنواع:

أ ـ سحب العواصف الرعدية الحرارية: وهي ما تدعى بالسحب الحملانية أو السحب المحلية، وهي الأكثر شيوعاً ـ انظر شكل (٤) ـ.

(1) – Trewartha, G. T; An Introduction to Climate. P. 211

ومثل هذه السحب تتشكل إما بفعل التسخين المحلي الشديد لسطح الأرض ومن ثم حركة الهواء فوقه حملانياً، أو ـ وهي الأقل ـ بفعل تحرك كتلة هوائية رطبة باردة سطحية فوق سطح حار نسبياً، كأن يكون ذاك السطح تيارات محيطية دافئة أو بحيرة كبيرة... إلخ.

ب ـ **العواصف الرعدية التضاريسية**؛ وكنا أشرنا لها سابقاً.

جـ . **سحب العواصف الرعدية التأفقية** (Advective Thunder Storms): ويعود تشكلها إلى انتقال هواء حار رطب أفقياً في المستويات المنخفضة القريبة من سطح الأرض، وهواء بارد في المستويات العليا من الجو التروبوسفيري. فإذا ما كان التباين الحراري كبيراً ما بين الهوائين السفلي (الحار) والعلوي (البارد)، فهذا يولد حالة عدم استقرار جوي شديدة في الهواء السفلي الحار، ومن ثم حركات هوائية حملانية شديدة تقود إلى تشكل سحب عواصف رعدية عنيفة. ومثل هذا يتكرر الحدوث ليلاً في السهول العظمى الأمريكية، نتيجة تدفق هواء حار رطب من خليج المكسيك في المستويات بين (١٠٠٠ ـ ٢٠٠٠م)، وتدفق هواء بارد فوقه (شمالي، أو شمالي غربي وغربي)، ومثل هذا الوضع يتقوى نهاراً بعد الظهر بفعل التسخين المحلي، خاصة وأن مثل هذه الأوضاع تحدث أكثر ما يكون في الفصول الانتقالية وأكثرها في الربيع. شكل (٧).

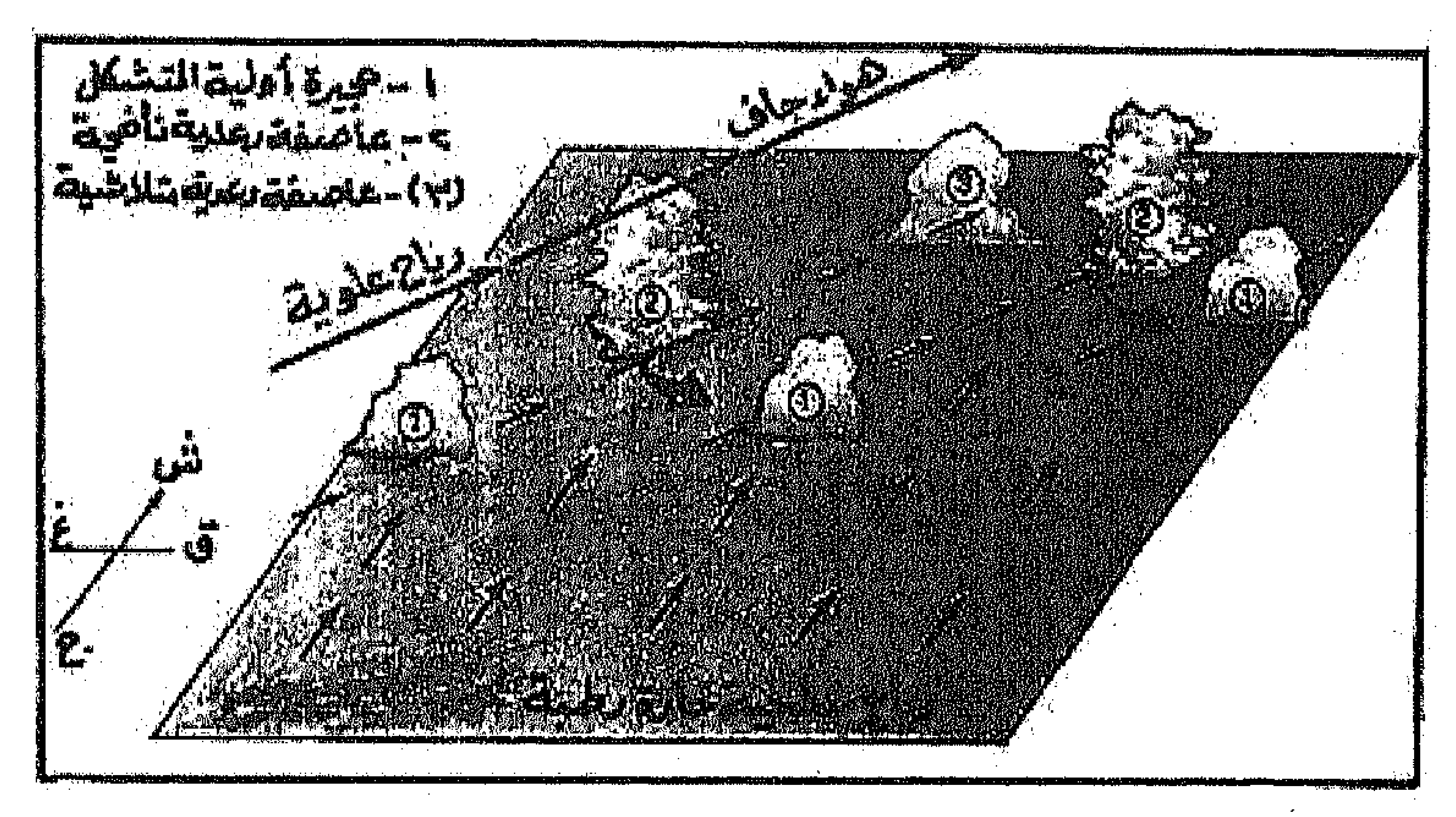
ومثل هذه السحب الرعدية تتشكل أحياناً في سورية، في المناطق الداخلية منها، وبخاصة في فصلي الخريف والربيع. وتعد السحب الرعدية التي كادت أن لا تفارق يوماً من أيام الفترة (١٠ ـ ١٨) أيار عام (٢٠٠٧م) في الأجزاء الوسطى والشرقية من محافظة حماه، من

هذا النوع، عندما تقدم منخفض البحر الأحمر (المنخفض السوداني) بهوائه السطحي الدافئ إلى الأجزاء الوسطى وحتى الشمالية من سورية، وترافق معه هبوب رياح شمالية غربية باردة رطبة في الأجزاء الوسطى والعليا من الجو التربوسفيري، مما نجم عن ذلك حالة عدم استقرار جوي شديدة وسحب عواصف رعدية عنيفة وأمطار غزيرة في بعض المناطق وهطول برد وفير وبأحجام حبات كبيرة نسبياً.

٢ ـ سحب العواصف الرعدية الجبهية: ويميز فيها بين ثلاثة أنواع:

أ ـ سحب الجبهة الباردة الرعدية: وهي الأعنف، والتي قد توازي في عنفها السحب الرعدية الحرارية الحملانية.

ب ـ سحب العواصف الرعدية ما قبل الجبهية (Prefrontal Thunder Storms): وتتشكل عموماً في مقدمة الجبهة



شكل (٧) تشكل العواصف الرعدية متعددة الحجيرات (الخلايا) التي تتحرك إلى يمين الرياح العلوية

الباردة، متقدمة عليها نحو (٣٠٠ ـ ٤٥٠ كم)[1]. وتنظم عموماً بشكل أحزمة أو خطوط موازية للجبهة الباردة، وأكثر ما تتشكل في ساعات بعد الظهيرة وساعات المساء الأولى، وإن كانت تتشكل أيضاً في بقية ساعات اليوم ولكن بصورة قليلة نسبياً.

جـ . **سحب الجبهة الحارة الرعدية:** وهي عموماً ليست ملازمة باستمرار للجبهات الحارة. بمعنى أنه ليس شرطاً أن يرافق كل جبهة حارة مثل هذه السحب، لكون ميل الجهة الحارة ضعيفاً، ومن ثم فإن الحركة الشاقولية للهواء الحار خلفها تكون في الغالب ليست شديدة بالقدر الكافي لتشكل سحب العواصف الرعدية. غير أنه في المنخفضات الجوية الجبهية العميقة والشديدة الفعالية، يمكن للسحب الرعدية أن ترافق الجبهة الحارة، وهي بالتأكيد عندئذ سترافق الجبهة الباردة، وبعنف أكبر وفعالية أكثر.

ومما تجدر الإشارة إليه، إلا أنه ليست كل الجبهات الهوائية المشكلة للمنخفضات الجوية الجبهية، سترافق بسحب رعدية وحتى الجبهات الباردة، إذ لابد للمنخفض الجبهي من أن يكون عميقاً نسبياً وذو فعالية متوسطة أو كبيرة لتتوفر إمكانية تشكل السحب الرعدية.

٥ . ٢ . ٢ . وعلى أساس امتدادها الأفقي والشاقولي؛ نميز فيها نوعين:

---

(1) – Ibid; P. 217.

١ . سحب ذات امتداد أفقي قليل (دون ١٠كم) وشاقولي كبير: وهي عموماً ما تكون ناتجة عن حركات الصعود الحملانية للهواء، بفعل التسخين البقعي الشديد لسطح الأرض، ويغلب عليها الصفة المحلية. ولذا تدعى بالسحب الرعدية المحلية. **(Local Heat Thunderstorms)**

٢ . سحب ذات امتداد أفقي (أكثر من ١٠ كم) وشاقولي كبيرين:

وأكثر ما تكون هذه السحب مرافقة للجبهات الباردة، وكذلك أيضاً سحب العواصف الرعدية التضاريسية.

٥ . ٢ . ٣ . وعلى أساس عنف العواصف الرعدية، يميز بين أربعة أنواع:

١ . عواصف رعدية شديدة العنف: وهي تلك التي ترافق أعاصير التورنادو، والأعاصير المدارية الشديدة العنف.

٢ . عواصف رعدية عنيفة: وهي سحب العواصف التي يغلب عليها الطابع المحلي البقعي، وتلك التي تتشكل على طول الجبهات الباردة في المنخفضات الجوية الجبهية شديدة الفاعلية، وفي الأجواء ذات عدم الاستقرار الشديد التي يقترن فيها التسخين السطحي الشديد مع حرارة الهواء السطحية التآفقية، ووجود حوضاً هوائياً بارداً في الجزء العلوي من التروبوسفير.

٣ . عواصف رعدية متوسطة الشدة: وتتشكل سحب هذه العواصف عادة على طول الجبهات الحارة في المنخفضات الجبهية ذات الفاعلية الكبيرة. وعلى طول الجبهات الباردة في المنخفضات متوسطة الفاعلية. وكذلك فإن الغالبية من سحب العواصف الرعدية التضاريسية من هذا النوع.

٤ . **عواصف رعدية ضعيفة:** وهي المتمثلة في تلك السحب التي بالكاد يحدث فيها البرق الخافت، الذي يندر أن يصحبه رعداً نظراً لكون الحرارة المتولدة على طول مسار البرق لا تتجاوز (٥٠٠٠ ْم). كما يندر هطول البرد منها، وأمطارها قليلة الغزارة نسبياً.

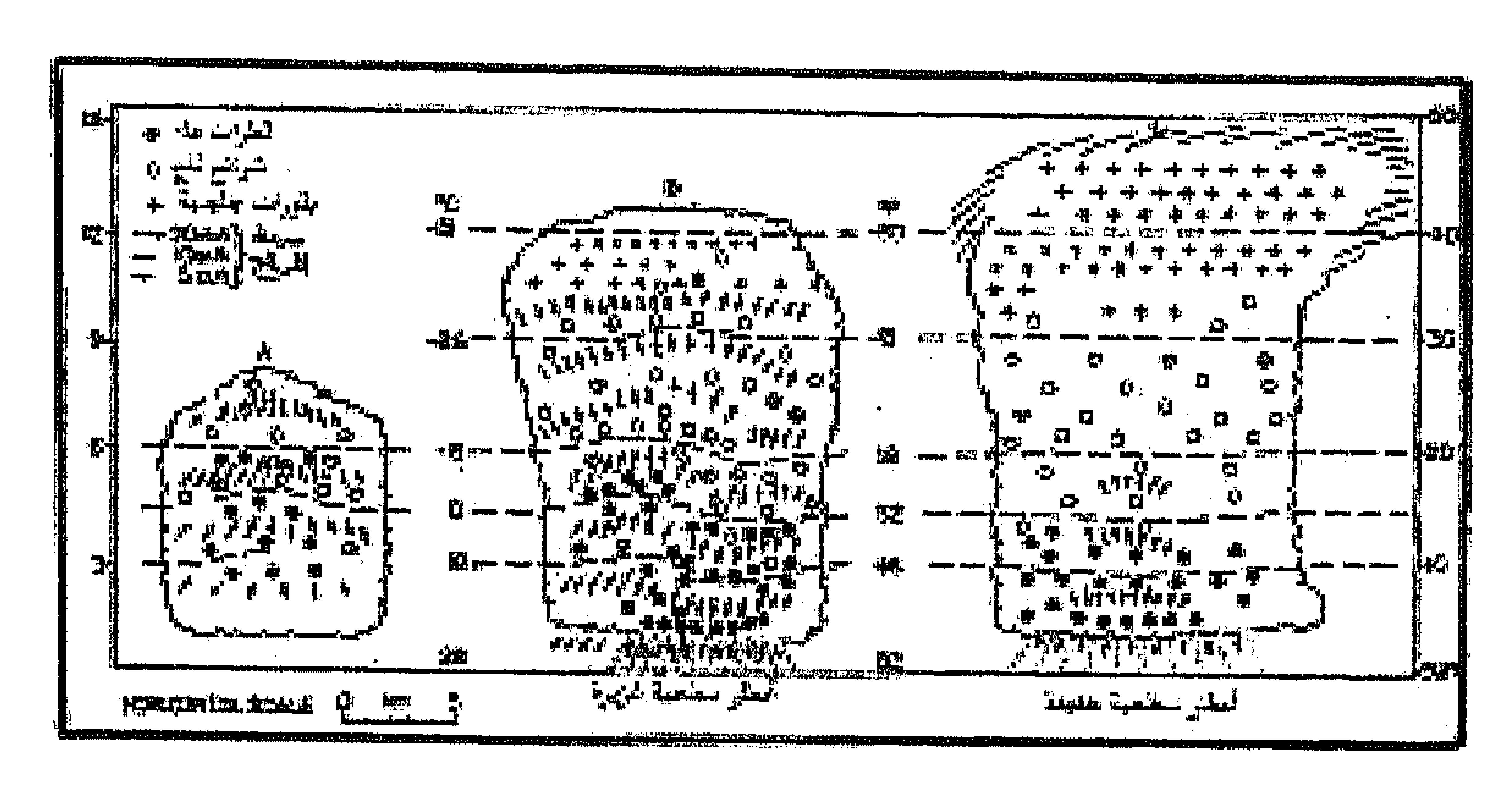
٣.٥ . مراحل تطور العاصفة الرعدية:

ما أن تبدأ حركات الصعود في الهواء الرطب، حتى تأخذ السحب ذات النمو الشاقولي بالتشكل، فتتشكل في المرحلة الأولى سحب الركام (كومولوس)، التي تتطور مع زيادة نشاط حركة الصعود وامتدادها الرأسي إلى سحب الركام المزني (غيوم العواصف الرعدية)(*).

ولقد أظهرت العديد من الرصدات لسحب العواصف الرعدية؛ أنها تتألف من حجيرة (خلية) عاصفة(cell)، أو أكثر، وقد تتكون حجيرة واحدة من بضع سحب ركامية مزنية. وبصورة عامة تميل الحجيرات المتجاورة إلى الاتصال والاندماج مع بعض. وتشكل كل حجيرة مركزاً للهطول والفاعلية الكهربائية والسرعات العالية الرأسية للهواء.

وكل حجيرة من الحجيرات تمر بدورة حياتية محددة ومعروفة بشكل جيد، وتتألف كل دورة من ثلاث مراحل ـ شكل (٨) ـ.

(*) ـ ليس شرطاً أن كل سحابة ركامية (كومولوس) تتطور إلى سحابة ركامية مزنية (كومولونيمبوس).



شكل (٨) مراحل تطور عاصفة رعدية

٥ . ٣ . ١ . مرحلة النشوء (Developping.s)، أو كما تعرف بمرحلة الكومولوس (Cumulus Stage):

إذا ما كانت سحابة العاصفة الرعدية تتشكل بفعل العامل الحراري؛ فإن هناك بعض المؤشرات التي تسبقها وتدل عليها، والتي تعرف بمرحلة قبيل العاصفة؛ إذ يكون الجو في الصباح (بعد شروق الشمس بأكثر من ساعتين) حاراً خانقاً (حاراً رطباً). وما أن تشتد الحرارة ارتفاعاً لتصل إلى أقصاها في ساعات بعد الظهيرة حتى تبدأ ولادة السحابة الرعدية. وهذا يعني أن الارتفاع الشاذ في درجة حرارة ما قبل الظهيرة ورطوبة الهواء مؤشرين على أن العاصفة الرعدية ستتشكل قريباً.

وما أن تميل الشمس عن وضعها العمودي وتشتد الحرارة ارتفاعاً والرطوبة تزايداً، حتى يبدو وكأن ضباباً خفيفاً سيخيم على المنطقة، ولكنه سرعان ما يتمدد وينتشر بكثافة أعظم نحو الأعلى ليتخذ شكل سحابة ركامية (Cumulus)، نتيجة لنشاط حركة الصعود الهوائي

الحملانية (الحرارية)،و مع ازدياد حركة الصعود يزداد نمو السحابة نحو الأعلى، وتصبح داكنة بالتدريج، إلى أن تتحول إلى سحابة عاصفة رعدية، فتحجب الشمس، ويصبح الجو مكفهراً ومخيفاً، وتهب رياحاً دافئة وخفيفة تندفع إلى تحت السحابة حيث مركز منطقة الضغط المنخفض التي تكونت بفعل ارتفاع الهواء حملانياً.

وفي هذه المرحلة تكاد حركات الصعود الهوائية تسيطر سيطرة تامة ضمن الحجيرة، والجزء الأكبر من هواء الحجيرة السحابية يأتي من تحت قاعدتها، أي من جهة سطح الأرض، مع جزء بسيط جداً يتدفق من الجوانب. ويتم بناء وتكوين هذه الحجيرة بسرعة، إذا أنها تستغرق مدة تتراوح بين (١٠ ـ١٥) دقيقة، كما تتزايد فيها سرعات الهواء المتصاعد. ويترافق نمو هذه الحجيرة بنمو مكونات السحابة المائية، وعندما تصبح أحجام تلك المكونات كبيرة بشكل كاف، بحيث يصبح وزنها كبيراً ويعجز الهواء الصاعد عن حملها معه، فإنها تحاول الهبوط تحت تأثير ثقلها؛ لتشد (تسحب) في هبوطها هذا جزءاً من هواء الحجيرة، مجبرة إياه على البدء بالهبوط، لتدخل الحجيرة في بداية مرحلة النضج.

٥ . ٣ . ٢ . مرحلة النضج (Mature Stage):

في هذه المرحلة تكون العاصفة الرعدية في أقصى درجات فعاليتها، إذ تتطور الحجيرة السابقة إلى حجيرة سحابة ركامية مزنية، ويصبح الحد العلوي لها على ارتفاع نحو (١٠ ـ ١٥كم)، ويمكن أن تصل إلى ارتفاع (١٨ كم). وعند هذه الارتفاعات تبدأ

التيارات الهوائية الصاعدة بالخمود، وتتكون البلورات الجليدية، التي تبدأ بالسقوط عبر السحابة إلى الأسفل ساحبة معها كمية من الهواء البارد هبوطاً. وفيها تأخذ الحركات الهوائية الهابطة ضمن الحجيرة بالظهور والتسارع، ويأخذ الهواء الهابط مع قطرات الماء الهاطلة بالتبرد نتيجة تبخر جزء من التهطال، ليصبح أثقل من هواء خارج الحجيرة، مما يكسبه مزيداً من التسارع، وتبدو الحركات الهابطة أكثر تركيزاً في أطراف الحجيرة وأسفلها. وفي هذه المرحلة تكون الحركات الشاقولية المتجهة نحو الأسفل ونحو الأعلى ذات شدة ملحوظة، فجزء من هواء السحابة يرتفع بسرعة عظمى، بينما جزء متزايد منه يهبط بمعدلات قصوى، وتكون الفاعلية الكهربائية على أشدها؛ إذ يكثر حدوث البرق والرعد، كما يكون الهطول (مطراً أو بَرَداً... الخ) على أغزره، وعادة فإن درجة حرارة الهواء الهابط أقل نسبياً من درجة حرارة الهواء المحيط بالسحابة.

وعموماً فإن التيارات الهابطة تبدأ من الطرف الأيمن من قمة السحابة، حيث درجة الحرارة تكون نحو (- ٢٠° م)، وفي أثناء هبوطها إلى أدنى السحابة تتقوى وهي خارجة من قاعدة السحابة إلى سطح الأرض لتصطدم به بقوة، بحيث تتخذ صورة رياح عاصفة. ويحمل الهواء الهابط معه مكونات السحابة من قطرات مائية كبيرة تهطل بشدة وكثافة، وأحياناً بَرَداً. وفي الوقت نفسه تتخامد التيارات الصاعدة، على حساب زيادة انتشار التيارات الهابطة في السحابة، وهذا يعني أن السحابة دخلت في المرحلة اللاحقة (مرحلة التلاشي).

وفي هذه المرحلة فإن الطائرة التي تطير ضمن العاصفة الرعدية؛ ستتعرض إلى تغيرات كبيرة في ارتفاعها، إذ إنها سترتفع ومن ثم تنخفض بشكل مفاجئ - أو العكس - وهذا يعتمد على كيفية دخول العاصفة ومستوى العاصفة الذي اجتازته الطائرة؛ فإذا اجتازتها من جزئها العلوي حيث تسود التيارات الصاعدة فقط، والأقل شدة؛ فسيكون التأثير أقل حدة - شكل (٨ - ب).

وعلى الرغم من أن مدة هذه المرحلة قصيرة، تتراوح بين (١٥ - ٣٠) دقيقة، إلا أنها تعدّ من أخطر مراحل العاصفة الرعدية؛ بسبب الارتفاع الشاهق الذي تبلغه قمة سحب الركام المزني (Cb) - حيث يتراوح بين (١٠ - ١٥ كم) - وبسبب التغيرات الفجائية في عناصر الطقس، وفي الأحوال الجوية السطحية والعليا، وبخاصة الدوامات الهوائية العنيفة التي تحدث داخل العاصفة الرعدية.

٥.٣.٣. مرحلة الانحلال (التلاشي، أو التبدد Dissipating stage):

تتلاشى في هذه المرحلة التيارات الصاعدة، لتسود التيارات الهابطة في أرجاء السحابة كافة، مع ضعف كبير في شدة التهطال، وانخفاض في شدة التيارات الهابطة، وضعف ايضاً للفاعلية الكهربائية، وهذا كله مؤشر على سير العاصفة الرعدية نحو التلاشي؛ ذلك أنه مع سيطرة التيارات الهابطة التي ترتفع حرارتها ذاتياً وهي هابطة، ينجم حوث نقص في رطوبتها، وانقطاع في الهطول، وانقشاع للسحب - تتحول مكوناتها إلى بخار ماء -، مع بقاء قليل من السحب الطبقية العالية المتقطعة، والسحب الركامية المتفرقة الأخفض.

وفي نهاية هذه المرحلة يعود الجو إلى الاستقرار، أي تعود درجة حرارة الحجيرة إلى ما يقارب درجة حرارة الهواء المحيط بها. وعند سطح الأرض تختفي دلالات العاصفة الرعدية كافة، والتيارات الهابطة. وتتراوح مدة هذه المرحلة بين (٣٠ ـ ٥٠) دقيقة.

وفي الوقت الذي تبدأ فيه العاصفة الرعدية في هذه المرحلة بالانحلال؛ تكون الرياح العليا الشديدة السرعة قد دفعت بقمة سحابة الركام المزني إلى الأمام، بحيث تظهر على شكل سندان الحداد ـ شكل (٨ ـ جـ) ـ.

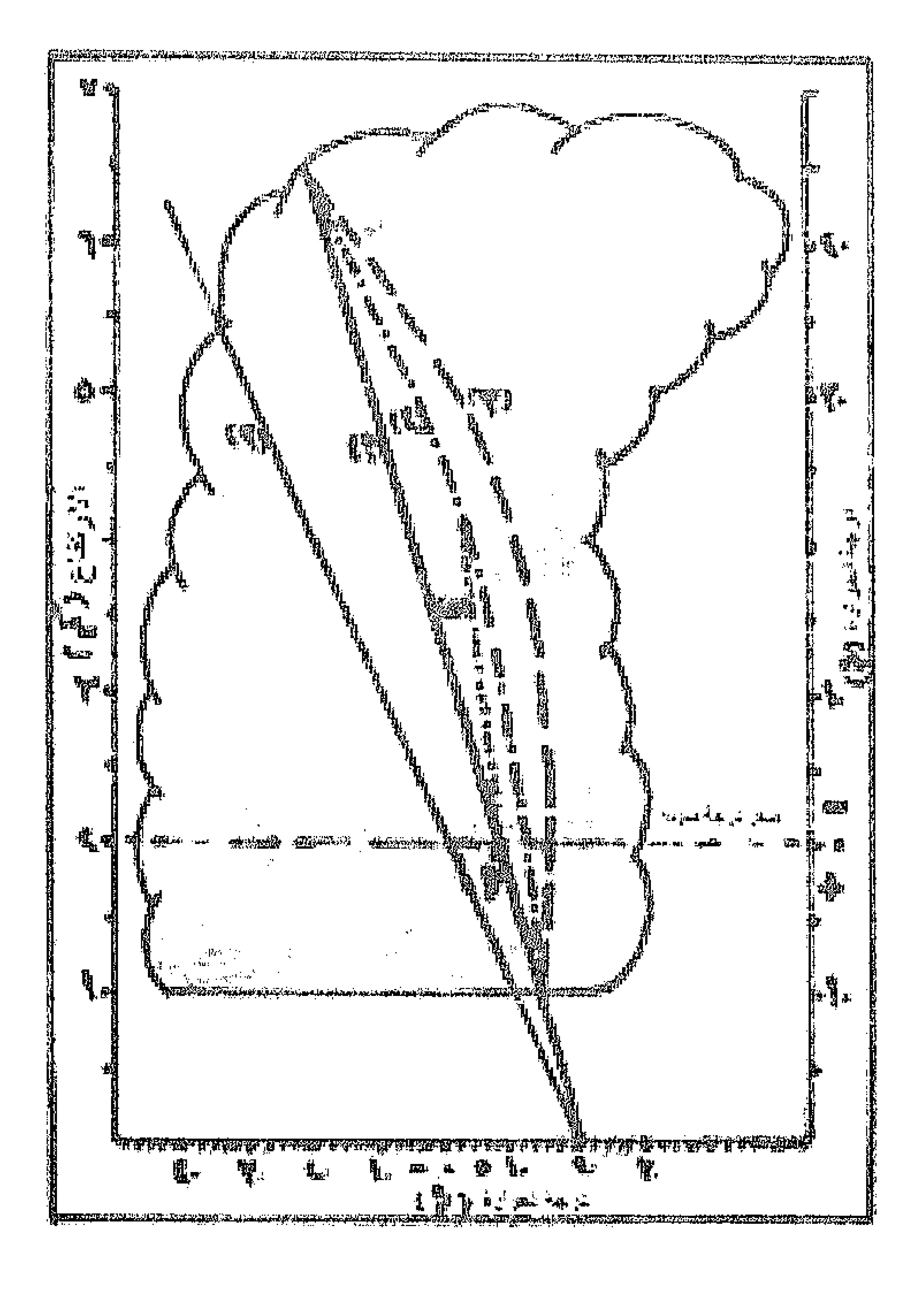
وهكذا نجد أن مدة الدورة الحياتية لعاصفة رعدية قصيرة جداً، تتراوح بين (١ ـ ٢ ساعة).

٥ . ٤ . ما هي قوى التصعيد الهوائي داخل السحابة؟

فيما يتعلق بالصعود الهوائي، لابد من الإشارة إلى أن قوة التحريك الهوائي الحملانية الأولية من سطح الأرض، تتمثل في التسخين الشديد لسطح الأرض ـ وغيرها من قوى التحريك للأعلى ـ، ومن ثم تسخن الهواء الذي فوقه متمدداً ومتحركاً نحو الأعلى، ومتبرداً، إلى أن يبلغ التبرد للهواء الرطب المتصاعد درجة التكاثف لبخار الماء، الذي يمكن أن يتم عند مستوى (٥٠٠ م) من سطح الأرض فيما يشكل عندئذ قاعدة السحابة.

وفي أثناء التكاثف ـ الذي تبدأ عنده السحابة بالتشكل والنمو ـ ـ تنطلق الحرارة الكامنة في بخار الماء التي تبلغ نحو (٦٠٠) حريرة لكل غرام من بخار الماء المتكاثف، متسخناً بذلك الهواء المحيط بقطيرات الماء

التي تشكلت من التكاثف، ليصبح ذاك الهواء أكثر خفة من الهواء الواقع على ارتفاع المنطقة المحيطة بالسحابة الأولية، ويكتسب بذلك الهواء قوة صعود إضافية تدفعه بقوة نحو الأعلى بحيث تصل سرعته إلى نحو (١٠ م/ ثا). وينتج عن الصعود السريع للهواء حمل لقطرات الماء السائلة فوق المبردة إلى ما فوق مستوى التجمد، مما يعمل على حدوث نمو بلورات الجليد على حساب قطرات الماء فوق المبردة التي ارتفعت إلى الأعلى، إلى أن تصل إلى الحجم والوزن الكافيين لهطولها تحت تأثير ثقالتها. ومع ازدياد ارتفاع الهواء وزيادة تبرده أديباتياً (الأديباتي الرطب)، يزداد التكاثف، وتزداد الحرارة المنطلقة من بخار الماء بتكاثفه، وتزداد بالتالي خفة الهواء المحيط بالقطيرات، ليكتسب قوة صعود جديدة نحو الأعلى وهكذا لتصل سرعته إلى نحو (٣٠ م/ثا)، إلى أن يصل الهواء إلى مستويات عليا شديدة البرودة، يتحول خلالها ما تبقى من بخار ماء الهواء المتصاعد إلى بلورات جليد، وهو بكميات قليلة، مما يجعل إجمالي كمية الحرارة المنطلقة أثناء التجمد ليست كبيرة، لتضعف بالتالي حركة الصعود، التي تتوقف عند ما يندر بخار الماء وتنعدم قوى الرفع الإضافية. والحال نفسه، يتكرر فيما إذا كانت قوة حركة صعود الهواء الأولية تضاريسية، أو جبهية. ذلك أن الهواء الرطب بعد بدء التكاثف فيه وهو يصعد نحو الأعلى بأي من قوى الصعود الأولية الثلاثة (حرارية، تضاريسية، جبهية) يستمد طاقة صعود إضافية من حرارة التكاثف؛ مما يبقي على معدل التناقص الحراري الرطب (الأديباتي الرطب) أقل من معدل تناقص حرارة الوسط المحيط به. شكل (٩).



(١) منحنى الوسط المحيط
(٢) المنحنى الاديباتي الجاف
(٣) المنحنى الاديباتي الرطب
(٤) تغير درجة حرارة الهواء الرطب بالارتفاع فعلياً مع إضافة الهواء البارد الجانبي باستمرار (من جوانب السحابة)
(٥) منحنى درجة حرارة الهواء الهابط داخل السحابة

شكل (٩) قوة الحركة الصاعدة الناتجة عن حرارة حركة التكاثف داخل السحابة

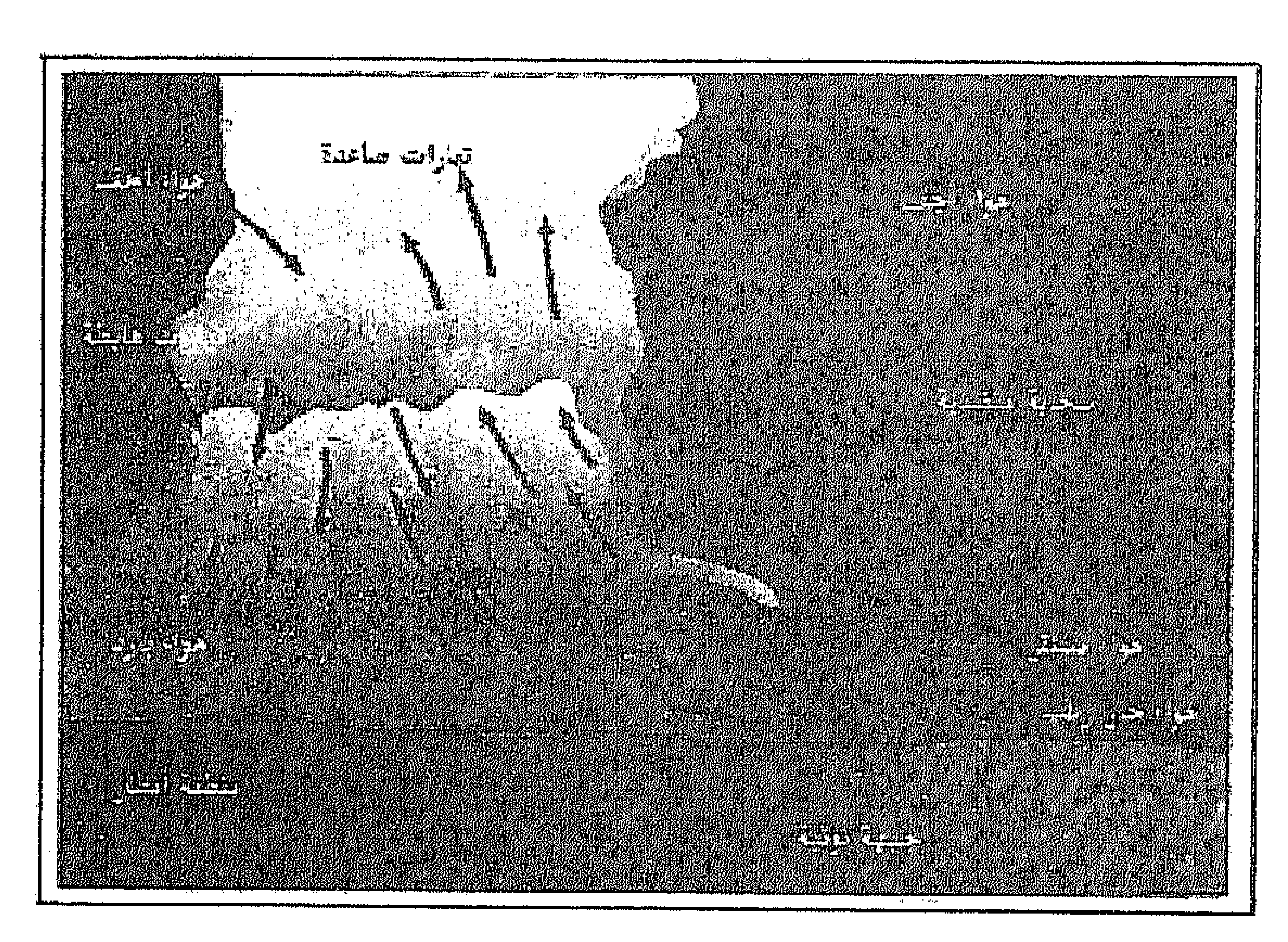
وفي أثناء نمو السحابة نحو الأعلى بنشاط حركة التيارات الصاعدة، يأخذ الهواء البارد من جوانب السحابة بالتدفق إلى داخلها ليختلط مع الهواء المرتفع الساخن المتسخن، فيبرده، مما يحد، ومن ثم يوقف عملية استمرار نمو السحابة؛ بمعنى وقف التيارات الصاعدة على ارتفاعات عالية.

وهذا الهواء البارد المتدفق من جانبي السحابة، هو السبب الرئيسي في وجود التيارات الهابطة التي تتولد في قمة السحابة.

وإذا ما نظرنا إلى النصف السفلي من سحابة عاصفة رعدية عنيفة - شكل (١٠) -، فإننا نرى أن التيارات الهابطة تتغذى من الهواء البارد الأجف المحيط بها، والذي يعد جزءاً من منظومة السحابة. وحيث أن بعض الهطول يتعرض للتبخر، مسهماً ذلك في تبرد الهواء، وبالتالي في

تشكل التيار الهابط. والتيار الهابط ممثلاً بالهواء البارد الذي يصل إلى سطح الأرض يعمل كأسفين وقوة رفع للهواء الرطب السطحي إلى الأعلى ضمن منظومة السحابة.

وهكذا؛ فإن التيارات الهابطة، تساعد في المحافظة على استمرارية التيارات الصاعدة لوقت أطول، والعكس بالعكس. ذلك أن العواصف الرعدية العنيفة، يمكنها أن تعيل (تغذي) نفسها، وتمنح الحياة لذاتها بقواها الخاصة بها، لعدة ساعات في بعض الحالات[1].



شكل (١٠) النصف الأدنى من نموذج خط عاصفة رعدية عنيفة وبعض المظاهر المرافقة له

(1) - Ahrens,C.D; Meteorology Today; p.396 -397

٥ . ٥ . بنية العاصفة الرعدية:

إن سحب الركام المزني التي تتشكل ـ كما ذكرنا ـ بفعل إحدى قوى الرفع الرأسي الشديدة للهواء الرطب، تمتد رأسياً من قرابة مستوى سطح الأرض (٥٠٠ ـ ١٠٠٠ م) حتى مستوى التروبوبوز، بحيث تقطع عدة مستويات حرارية؛ فمستوى التجمد (مستوى درجة حرارة صفر درجة مئوية) يقع عند مستوى ارتفاع لا يزيد عن (٥ كم) وسطياً في العروض المنخفضة و(٣كم) في العروض المتوسطة، لذا فإن الجزء الأسفل من هذا السحب يتكون من قطرات مائية سائلة دافئة (درجة حرارتها فوق صفر درجة مئوية)، في حين يغلب على الجزء الأوسط من هذه السحب التي تتراوح درجة حرارتها بين صفر إلى (- ٤٠°م) القطرات المائية فوق المبّردة والبلورات الجليدية، وتسود البلورات الجليدية في الجزء العلوي من السحب الذي تقل درجة حرارته عن (- ٤٠°م) ـ شكل (١١) ـ.

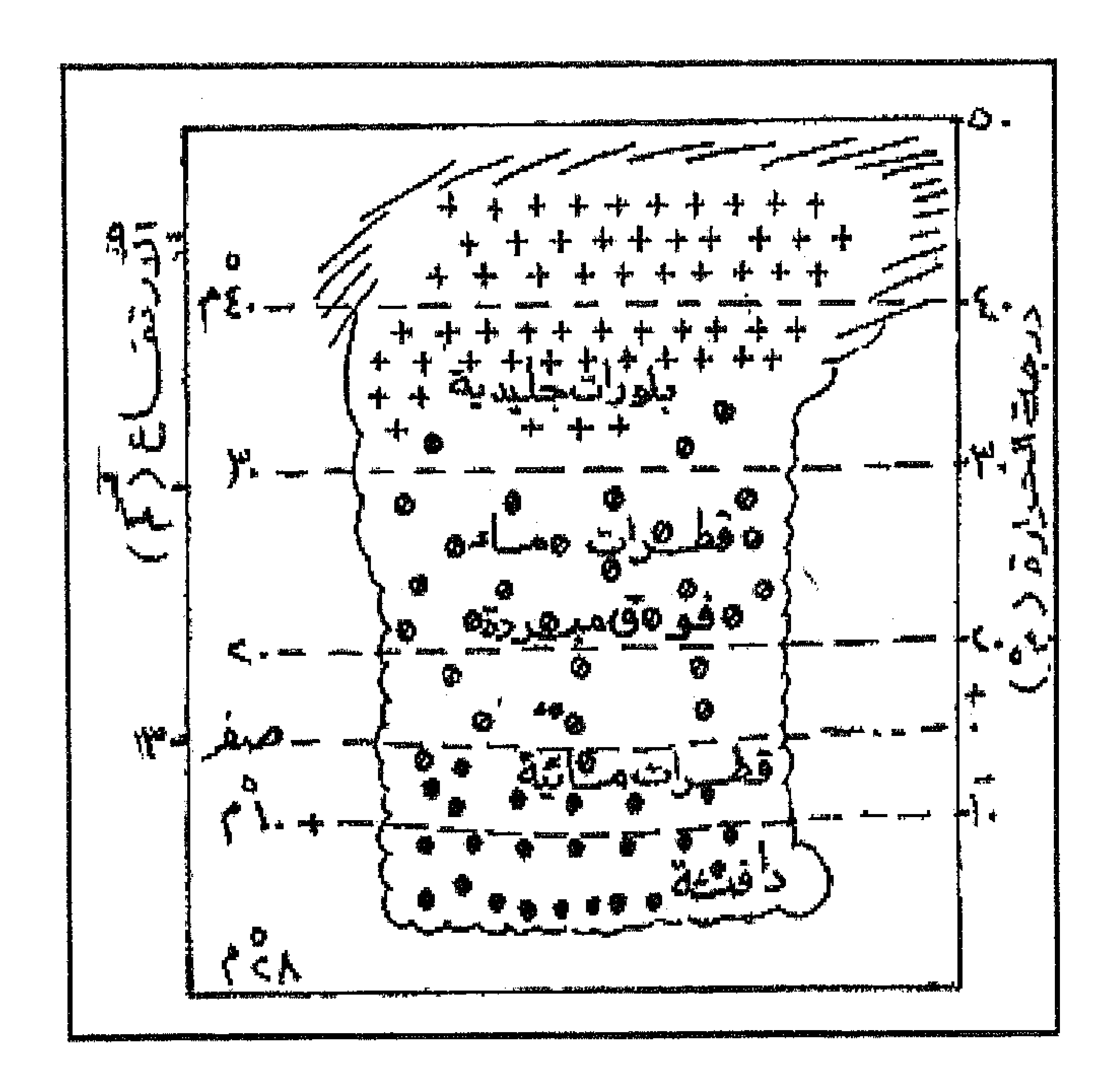
وهكذا يمكننا تحديد بنية سحابة عاصفة رعدية في العروض الوسطى وغيرها من العروض التي تتشكل فيها كالآتي:

١ ـ قطرات مائية دافئة في الجزء الأسفل من السحابة الذي درجة حرارته فوق درجة الصفر المئوي.

٢ ـ قطرات مائية سائلة فوق مبّردة (غير متجمدة) في الجزء الأوسط السفلي الذي درجة حرارته بين الصفر المئوي و(- ٢٥°م).

٣ ـ خليط من قطرات مائية فوق مبّردة وبلورات جليدية في الجزء الأوسط العلوي الذي درجة حرارته بين (- ٢٥° م) و(- ٤٠° م).

٤ ـ بلورات جليدية في الجزء العلوي الذي درجة حرارته دون (- ٤٠°م).



شكل (١١) بنية سحابة عاصفة رعدية

الفصل السادس

كهربائية السحب الرعدية

٦ . ١ . كهرباء الجو.

٦ . ٢ . نظريات كهرباء السحب الرعدية

٦ . ٢ . ١ . التحريض الايونوسفيري

٦ . ٢ . ٢ . فرق الجهد التماسي بين بلورات الجليد وقطرات الماء.

٦ . ٢ . ٣ . نظرية تأثيرات التجمد

٦ . ٢ . ٤ . نظرية تفتت حبات البَرَد

٦ . ٢ . ٥ . نظرية تصادم القطرات المائية وكريات البَرَد بالبلورات الجليدية

٦ . ٣ . ما سبب بقع (بؤر) الشحنات الموجبة من سطح الأرض.

٦ . ١ . كهرباء الجو:

لقد بات مؤكداً وجود طبقة جوية كهربائية ذات تركيز عالي لكهربائيتها بين سويتي ارتفاع (١٠٠ . ٣٠٠ كم) تدعى بطبقة الأيونوسفير (Ionosphere) التي تطغى على قاعدتها الشحنات الإيجابية، بينما يتصف سطح الأرض بكهربائيته السالبة· وضمن السماكة السابقة (١٠٠كم) فإن جوها الهادئ الساكن والصحو يحتوي على شحنات كهربائية شدتها قليلة لا تتجاوز (١٠^{١٢}) أمبير فوق كل متر مربع من سطح الأرض؛ بمعنى أن كل متر مربع من سطح الأرض يصله في الثانية الواحدة شحنة موجبة تعادلة (١٠^{١٢}) كولون، ليتلقى بذلك سطح الأرض بكامله قوة هائلة من التيار الكهربائي تبلغ نحو (١٨٠٠) أمبير.

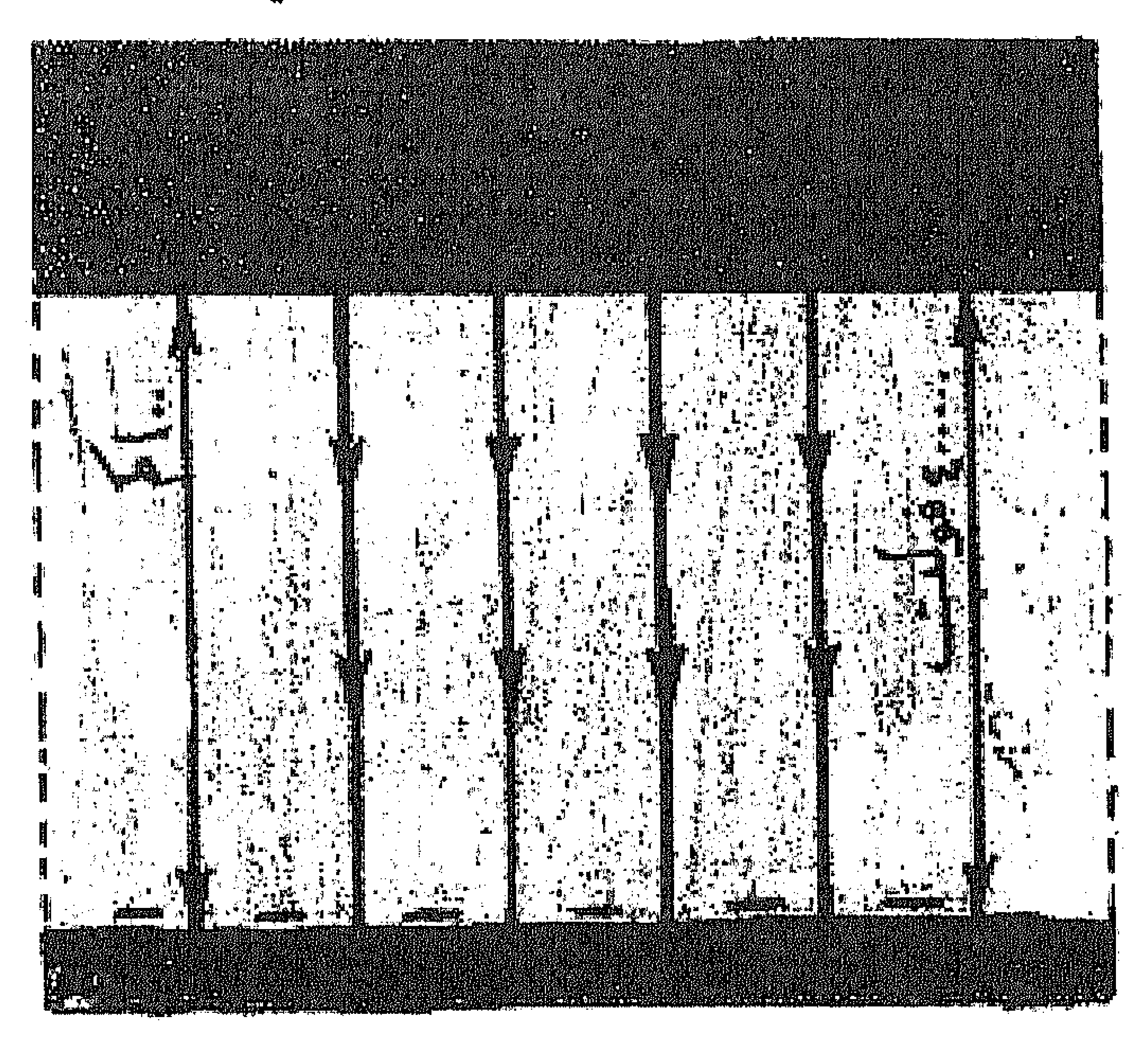
وهكذا نجد أن الجو يحتوي حقلاً كهربائياً ضعيفاً، مما يجعل توصيله للكهرباء في الأجواء الصحوة قليلاً وإن الكهربائية تزداد من سطح الأرض باتجاه الأعلى. ولقد قدر العلماء فرق الجهد الكهربائي بين قاعدة الأيونوسفير الموجبة الشحنة وسطح الأرض السالب بنحو (٤ × ١٠^{٥}) فولط، وأن مقدار الشحنة السالبة للأرض تعادل نحو (١٠ ^{٥}) كولون، وفارق الجهد السابق ـ الذي في الأيونوسفير أربع أضعاف ما في سطح الأرض ـ هو الذي يعمل على جريان التيار الموجب عبر الجو من قاعدة الأيونوسفير نحو الأرض. شكل (١٢).

٦.٢. نظريات كهرباء السحب الرعدية:

من أكثر ما حيرّ العلماء وبعثر جهودهم هو الكهرباء الخاصة بالسحب الرعدية، مما ترتب عليه ظهور العديد من الفرضيات التي كل منها ساقت تفسيراً لآلية كهربة السحب الرعدية، وتوزع الشحنات الكهربائية فيها، مما جعل كل فرضية بمستوى النظرية لها مؤيدوها والآخذون بها.

٦.٢.١. نظرية التحريض الأيونوسفيري:

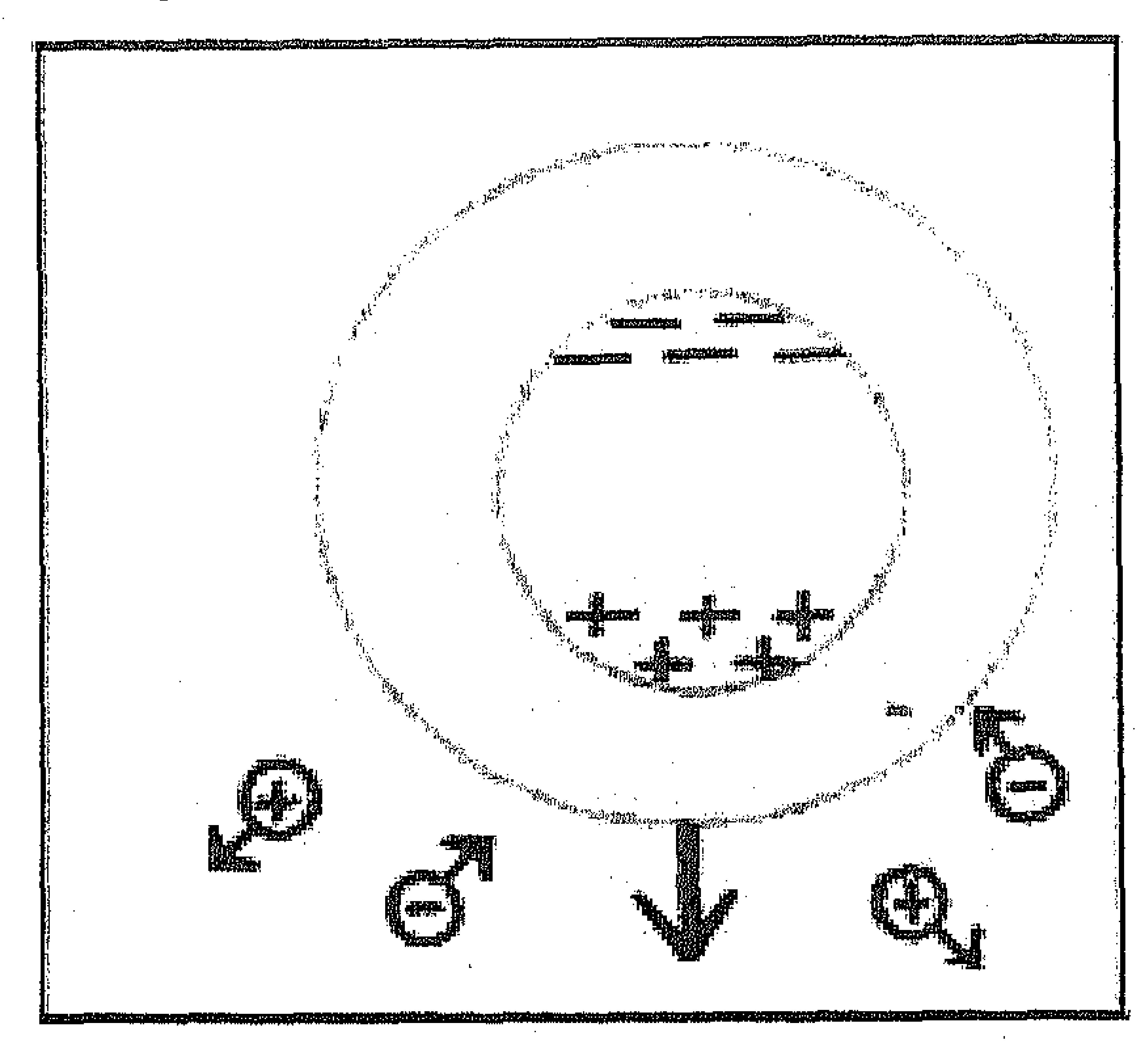
أما فيما يتعلق بالتوزيع الكهربائي للشحنات في داخل سحابة العاصفة الرعدية، فلابد أولاً من معرفة بنيتها التي أشرنا إليها سابقاً.



شكل (١٢) الحقل الكهربائي الجوي

فالقطرات المائية ضمن الحقل الكهربائي (المكثف) الأرض - الأيونوسفير الموجه نحو الأسفل، فإن ذاك الحقل يعمل على استقطاب القطرة ليصبح جزؤها العلوي ذات شحنة سالبة والسفلي ذا شحنة موجبة، وعند سقوط تلك القطرة نحو الأسفل تصادف في طريقها أيونات ثقيلة (سالبة وموجبة) بطيئة الحركة - شكل (١٣) .. وبما أن القسم السفلي للقطرة موجب الشحنة. فإن الأيونات الموجبة المصادفة له ستقذف جانباً - لتشابه الشحنتين - في حين ستجذب الأيونات السالبة إلى ذاك الجزء من القطرة.

أما الأيونات الموجبة التي أصبحت خلف القطرة، فستجذب نحو جزؤها العلوي السالب الشحنة. وعموماً فإن القطرة وهي تسقط بسرعة، فإن الأيونات لقلة حركتها لا تستطيع جميعها اللحاق بالقطرة المبتعدة عنها. وبالنتيجة فإن القطرة أثناء سقوطها ستكتسب



شكل (١٣) المجال الكهربائي لقطرة مائية

شحنة سالبة زائدة، وستتراكم الشحنة السالبة في القسم السفلي من السحابة. وفي الوقت نفسه فإن عدداً كبيراً من الأيونات الموجبة التي قذفت جانباً ستُدفع إلى أعلى السحابة بفعل التيارات الهوائية الصاعدة، مما يعمل على زيادة الشحنة الموجبة في ذاك الجزء.

٦ . ٢ . ٢ . نظرية فرق الجهد التماسي بين بلورات الجليد وقطرات الماء:

مما تجدر الإشارة إليه، أن عدد الأيونات قليلة الحركة في السحابة ليس كثيراً. وحتى لو أن كافة الأيونات السالبة انضمت إلى القطرات الساقطة، وقذف جانباً وللأعلى بكل الأيونات الموجبة، فإن الشحنة التي تظهر في السحابة ستكون أقل بعشرات، بل بمئات المرات من الشحنة التي تلاحظ في الواقع. وهذا ما جعل العلماء يتجهون إلى بلورات الجليد في أعلى السحابة ذات الدور الأكثر أهمية في كهربائها. فسحب العواصف الرعدية عموماً تحتوي في جزئها الأوسط العلوي على القطرات المائية فوق المبّردة والبلورات الجليدية، ويحدث تماساً بينهما. وتتم كهربة السحابة على حساب فرق الجهد التماسي الذي يظهر بين الجليد والماء.

٦ . ٢ . ٣ . نظرية تأثيرات التجمد:

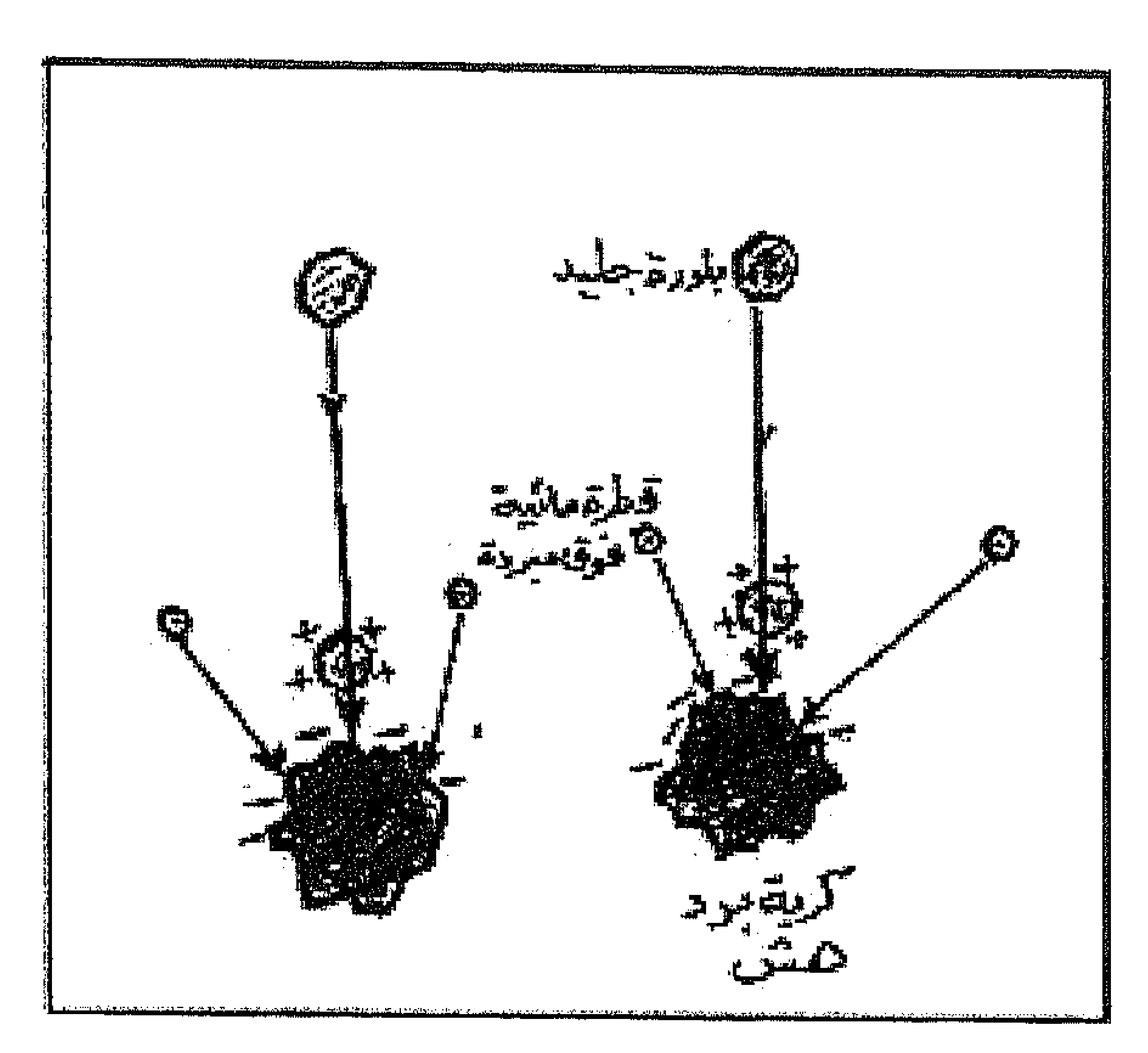
حسب هذه النظرية، فإن قطرات الماء فوق المبرّدة أثناء تجمدها، تأخذ بالتجمد باتجاه الداخل بدءاً من سطحها. وهذا يبقي على داخلها (لبها) أكثر حرارة من سطحها. ويكون داخلها الأدفأ مشحوناً بشحنة سالبة (شوارد OH^-)، في حين يكون سطحها الأبرد موجب الشحنة بسبب هجرة شوارد الهيدروجين (H^+) مع انخفاض تدرج الحرارة.

٦ . ٢ . ٤ . نظرية تفتت حبات البَرَد:

عندما تتفتت حبات البَرَد الهشة أثناء عملية التجمد، فإن شظايا الجليد الصغيرة الحاملة لشحنات موجبة تنطلق مندفعة إلى أعلى حجيرة الحملان مع التيارات الصاعدة، وهذا ما يفسر سبب كون الجزء الأعلى من السحابة الرعدية الذي درجة حرارته دون (- ٢٠°م) ذو شحنة إيجابية. وبالمثل، فإن كريات البَرَد الأثقل، المشحونة سلبياً تسقط باتجاه قاعدة السحابة لتكسبها شحنتها الكهربائية السالبة. ومن المحتمل أن يكون هذا العامل أكثر أهمية من عامل الشوارد السالبة بفعل القطرات المائية التي ذكرناها سابقاً.

٦ . ٢ . ٥ . نظرية تصادم القطرات المائية فوق المبردة وكريات البَرَد بالبلورات الجليدية:

هناك عملية أخرى يمكن بفعلها أن تتولد الشحنات الكهربائية في السحابة الرعدية، تقوم على ما ينتج من التصادم الحاصل بين بلورات الجليد وكريات البَرَد الهش الأحر: إذ ينجم عن التراكم الجاري لقطرات الماء فوق المبّردة على كريات البَرَد نشوء سطوح غير منتظمة، تتسخن نسبياً نتيجة انطلاق الحرارة الكامنة في قطرات الماء عند تجمدها، ويتولد من جراء صدمات بلورات الجليد الباردة لهذه السطوح غير المنتظمة تولد شحنات سالبة تكتسبها تلك السطوح؛ بينما تكتسب البلورات الجليدية الأبرد شحنة موجبة. ومرة أخرى تأخذ تأثيرات ظاهرة الفصل الجاذبي (الثقالي) دورها في توزع الشحنات الكهربائية في داخل السحابة. شكل (١٤) ..



شكل (١٤) تولد الشحنات الكهربائية بفعل تصادم القطرات المائية فوق المبردة وكريات البرد بالبلورات الجليدية

أما منشأ المنطقة الصغيرة الموجبة الشحنة عند قاعدة السحابة، فلم يزل غير واضح المعالم؛ ولربما يعود ذلك إلى فعل التيارات الصاعدة الحملانية التي تحمل شحنات موجبة، أو أنها تنتج من جراء اندفاع شديد لبعض الشحنات الموجبة من أعلى السحابة إلى أسفلها مع تيارات الهواء الأبرد الهابط في مقدمة السحابة، نتيجة جذب الشحنات السالبة لها المتركزة في الجزء السفلي من السحابة.

وهكذا يمكننا أن نحدد توزع الشحنات الكهربائية في سحابة رعدية، كالآتي ـ شكل (١٥) ـ:

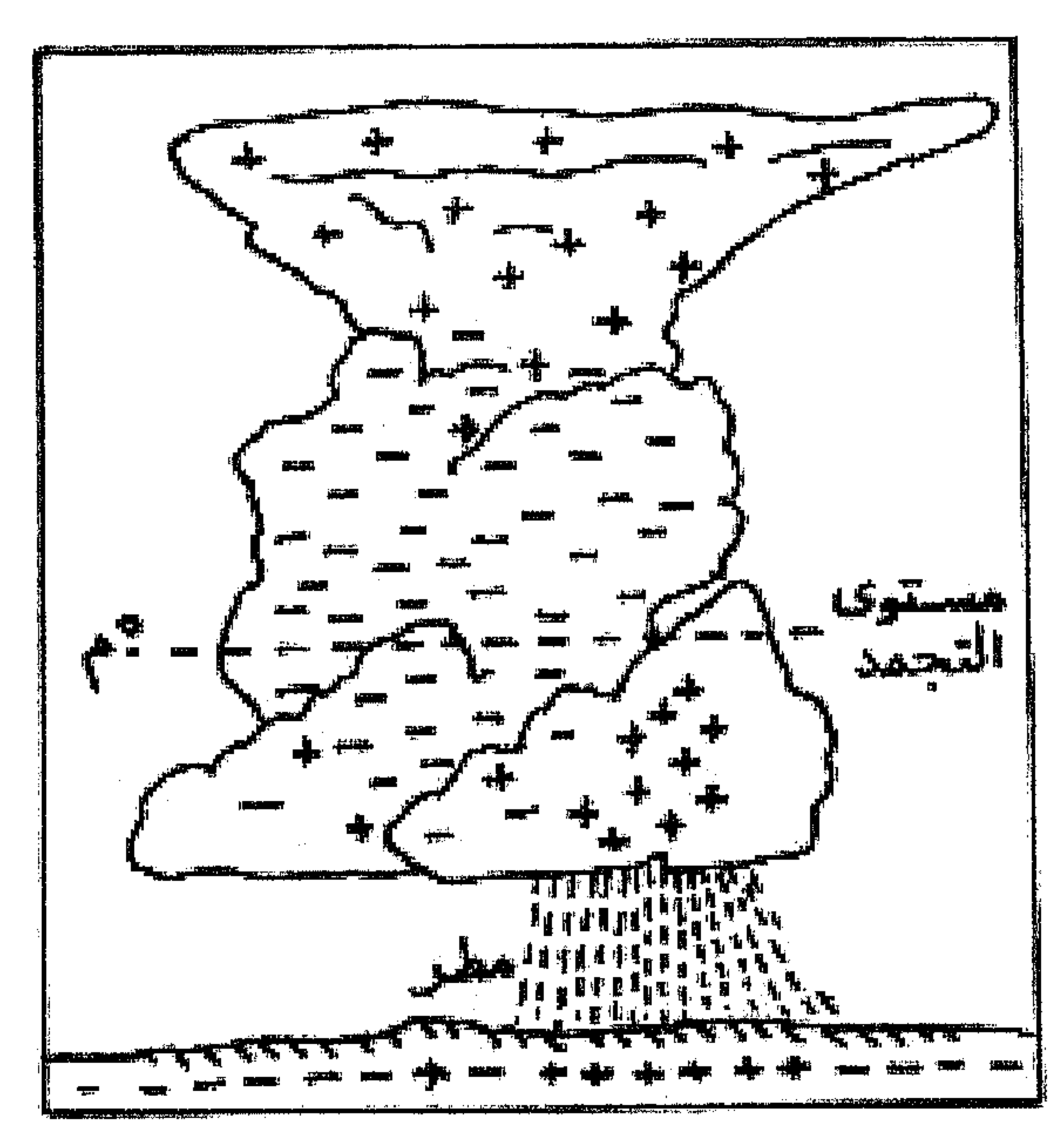
١ ـ الجزء العلوي المكون من بلورات جليدية؛ فهو ذو شحنات موجبة.

٢ ـ الجزء الأوسط من السحابة المكون معظمه من قطيرات مائية فوق

مبردة، فشحناته سالبة، مع اختلاط للشحنات السالبة مع الموجبة في القسم الأعلى من هذا الجزء نظراً لاحتوائه على قطرات ماء فوق مبردة ذات شحنات سالبة وبلورات جليدية موجبة الشحنة.

٣ ـ الجزء السفلي من السحابة، ذو الشحنات السالبة، بخاصة في مناطق التيارات الهوائية الصاعدة الغالبة مع تركز بقعي لشحنات موجبة في الجانب الآخر السفلي الأمامي من السحابة الذي تسوده تيارات هابطة.

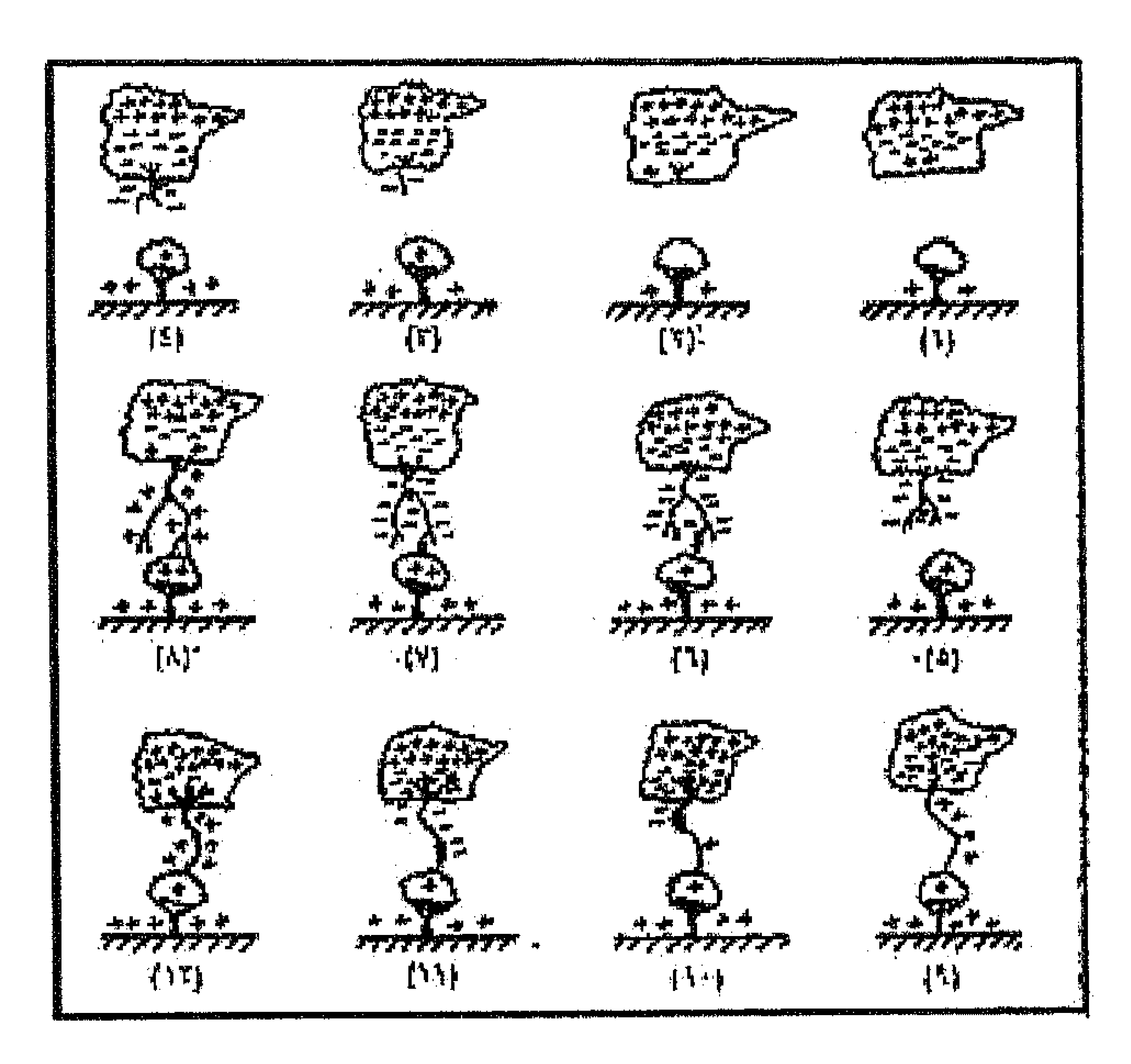
٤ ـ أما سطح الأرض فهو ذو شحنات سالبة، ما عدا مناطق البروزات منه التي تسودها شحنات موجبة عند مرور فوقها سحابة العاصفة الرعدية. وهذا ما سنوضحه لاحقاً.



شكل (١٥) توزع الشحنات الكهربائية في سحابة عاصفة رعدية

٦.٣. ما سبب بقع (بؤر) الشحنات الموجبة من سطح الأرض؟

إن التوزع المعروف للشحنات الكهربائية في السحابة، له انعكاس على شحنة الأرض التي دونها؛ إذ أنه من جراء حركة هذه السحب فوق سطح الأرض المشحونة سلبياً، تثير فيها تحريضاً كهربائياً، فيما يعرف بمفعول المكثفة الكهربائية، مكسبة مناطق من سطح الأرض التي تحتها شحنة إيجابية. ويكون التركيز الأعظمي للشحنات الموجبة في مواضع البروزات الأرضية؛ كالأشجار، والمساكن المنفردة، والتلال، ورؤوس الجبال، ومانعات الصواعق... الخ. شكل (١٦).



شكل (١٦) آلية تشكل الشحنات الأرضية الموجبة بفعل التحريض السحابي

الفصل السابع

آلية حدوث البرق والصاعقة والرعد

٧.١. آلية البرق

٧.١.١. البرق السحابي، والبرق السحابي ــ السحابي.

٧.١.٢. البرق المستقدح

٧.١.٣. البرق السحابي ــ الهوائي

٧.١.٤. البرق السحابي ــ الجوي

٧.١.٥. البرق الإيونوسفيري

٧.٢. آلية الصاعقة

٧.٣. آلية البرق الكروي

٧.٤. آلية الرعد

٧ . ١ . آلية البرق:

إن آلية تشكل البروق وحدوثها واحدة. والبرق المألوف والمنظور لنا، والذي يثير في النفوس الخوف تارة والدهشة والإثارة والاستمتاع تارة أخرى، هو ذاك المقترن حدوثه بسحب العواصف الرعدية في الجو، والذي يتشكل ضمنها أو فيما بينها، ضمن آلية تسمح له باللمعان وللرعد بالتشكل. فالعاصفة الرعدية هي برق ورعد، وأحياناً بَرَد ومطر غزير. وهذا البرق هو الذي انصبت دراستنا عليه، والذي أطلقنا عليه تسمية البرق السحابي، تمييزاً له عن أنواع البروق الأخرى نادرة الحدوث، والمشاهدة، والتي لا تقترن بالرعد.

٧ . ١ . ١ . البرق السحابي والبرق السحابي - السحابي:

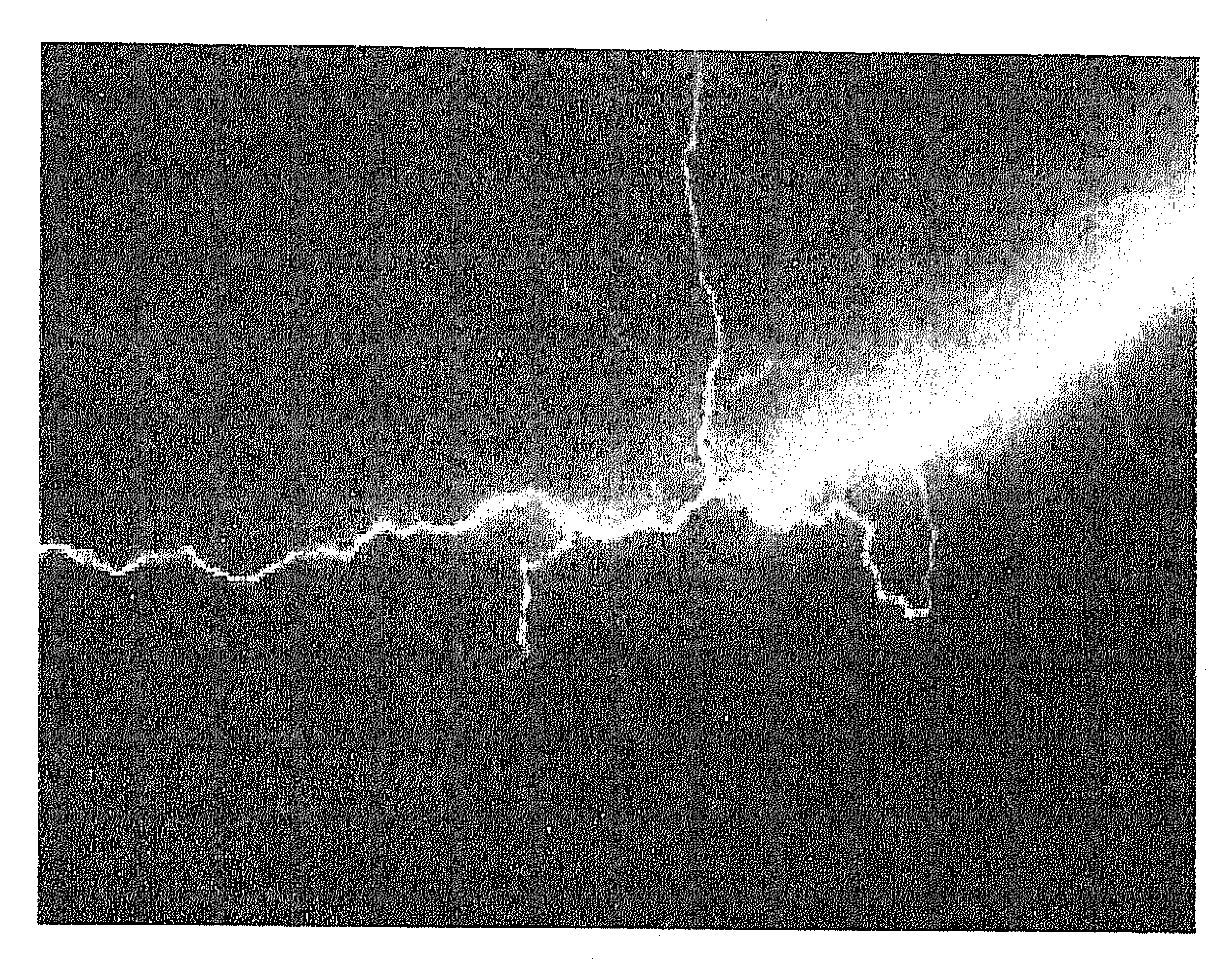
وهو البرق الذي يحدث ضمن سحابة عاصفة رعدية (Cb) أو بين سحابة وأخرى متجاورتين ومتصلتين مع بعض. وهو البرق الرعدي، أي المقترن بالرعد، والمعروف.

وينتج البرق السحابي في حال حدوث فرق كبير في الجهد الكهربائي (الكمون) بين أسفل السحابة الرعدية ذات الشحنة السالبة (ـــ) وأعلاها ذات الشحنة الموجبة (+)، أو بين سحابة وأخرى متصلتين، بحيث يصل إلى نحو ($١٠^٩$) فولط(*)، مع وجود فارق (غراديان) في الجهد

(*) . هذا الفارق في الجهد الكهربائي يزيد ألف مرة على فارق الجهد بين الأرض والحد السفلي من الإيونوسفير، الذي يؤمن التيارات الكهربائية الجوية للطقس الحسن.

(الكمون) الكهربائي بحدود (١٠٠٠٠ فولط/ سم)، مما يترتب عن ذلك تفريغ (انطلاق) الشحنات الكهربائية السالبة من أسفل السحابة باتجاه مناطق الشحنات الموجبة في أعلى السحابة؛ بشدة تصل على طول قناة الانتقال (التفريغ) إلى عشرات الآلاف من الأمبيرات، متحولاً جزءاً من الطاقة الكهربائية إلى ضوء وحرارة. شكل (١٧).

وتتحرك الجسيمات الكهربائية المشحونة سلبياً في قناة التفريغ (قناة البرق) بشكل متدرج (درجات)، وليس بصورة سهمية خطية إلا في حالات خاصة، علماً أن طول كل مقطع مستقيم (درجة) يتراوح بين (١٠-١٠٠م)، وسرعة انتقال الشحنات في بداية الزيادة تصل إلى (١٠٠ كم/ثا).



شكل (١٧) برق سحابي

وتعادل الطاقة المفرزة (المتحررة، المنطلقة) في قناة البرق بين ($١٠^{٥}$ ـ $١٠^{١٠}$) جول. والقناة (مسار الشحنات، قناة البرق، قناة التفريغ) التي تتدفق عبرها الشحنات السالبة ذات قطر صغير جداً، يقارب قطرها المرئي من نحو (١م)، علماً أن التيار الكهربائي الرئيسي يسري عبر قناة داخلية ضمنها (محورية) أضيق لا يزيد قطرها على (١) سم.

وأغلب البرق الذي نلحظه يبدو على شكل نبضات (ومضات) منتظمة، بسبب سريانه في مجرى بشكل درجات (تكسرات). وتستغرق النبضة الواحدة مدة تقارب من (٠,٠٠١) ثا، والفاصل الزمني بين نبضة وأخرى نحو (٠,٠١) ثانية.

وفي أثناء النبضة الواحدة تتسخن قناة التفريغ حتى درجة حرارة تتراوح بين (١٠٠٠٠ ـ ٢٠٠٠٠ °م)(*)، وخلال الفاصل الزمني القصير بين النبضات تبرد قناة التفريغ إلى درجة حرارة نحو (١٠٠٠ °م). ويمكن للحد الأقصى للتيار الكهربائي في النبضة الواحدة أن يزيد على (١٠) أمبير.

وفي أغلب الحالات، عندما تسود تدرجات كهربائية عديدة في أجزاء مختلفة من السحابة نفسها أو بينها وبين سحابة مجاورة، ستنطلق من القناة الرئيسية أقنية تفريغ كهربائي فرعية، بحيث يُرى البرق عندئذ متشعباً على هيئة أفرع.

أما في حال تعرضت قناة البرق عمودياً إلى رياح قوية، فتختلط عندئذ القناة بمقدار متر فأكثر في الثانية، لتصبح في هذه الحالة نبضات التفريغ مخلوطة تجاه بعضها مجالياً، وليبدو عندها البرق بشكل شريطي.

(*) ـ إن الإرتفاع الحراري الكبير ناتج عن المقاومة التي يصادفها التيار الكهربائي (البرق، الصاعقة) على طول مساره بين مناطق الشحنات السالبة والموجبة.

٧ . ١ . ٢ . البرق المستقدح (المحرض):

هناك نوع غير معروف جيداً من البرق ينشأ من الأرض عن جسم ناقل ومرتفع كناطحات السحاب والأبراج ويصعد إلى السحب. وينتج هذا النوع عن وجود ناقل من صنع الإنسان، ولا يحدث بدونه. ويسمى بالبرق المُستقدح، نظراً لكونه محرضاً أو مستقدحاً بوجود ناقل، شكل (١٨).

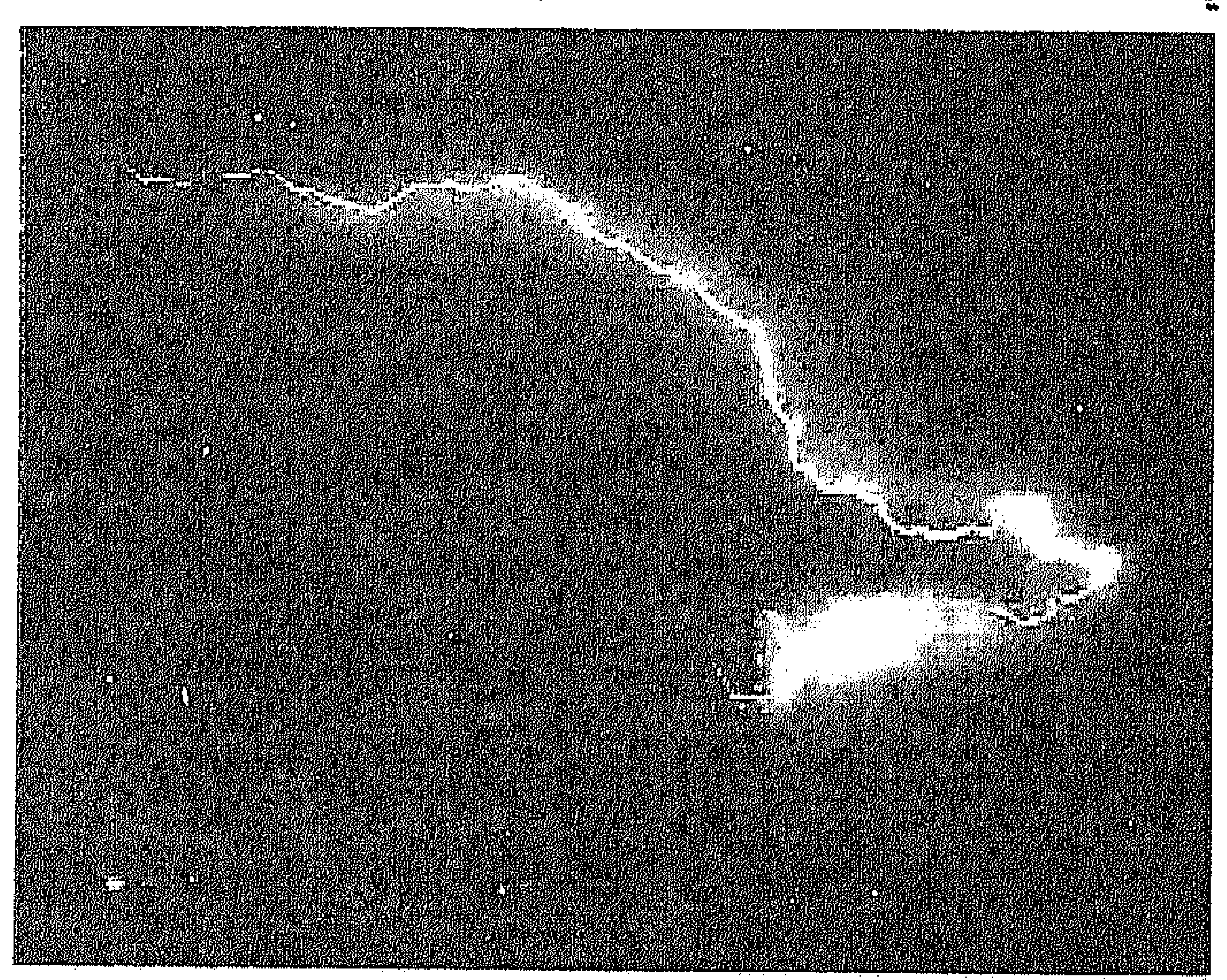
ولقد بينت الدراسات لمبنى الامبايرستيت في نيويورك عند أواخر الثلاثينات من القرن العشرين، أن البرق ينشأ أحياناً في الأرض ويصعد إلى السحب. وقد قام أحد العلماء (كارل بيرغر) بدراسة مفصّلة عن هذه الدفقات المحرضة من مرصد سان سلفادور للبرق قرب مدينة لوغانو السويسرية.

يحمل شحنات موجبة أو سالبة، وتملك النواقل الصاعدة كثيراً من الخصائص التي تملكها النواقل النازلة، ويصبح الفارق الأساسي بين الناقلين واضحاً عند اتصال الناقل الصاعد مع السحابة، ولا تحدث خفقات راجعة في هذه الحال. وتزداد إضاءة القناة على طول مجراها، كما تحدث زيادة في التيار. وإذا حدثت خفقة تالية فهي نتاج سهم ناقل يبدأ في السحابة ويتحرك باتجاه البرج.

إن الومضات المحرضة لا تحوي عواصف رعدية، حيث كشفت الدراسة التي أجراها (هـ. ت. هاريسون) للرحلات الجوية خلال سنة واحدة عن غياب العواصف الرعدية بصورة واضحة في عدة حوادث ضربت فيها دفقات البرق الطائرات. ويفصل الطيارون عادة في تقاريرهم بين ضربات البرق، والدفقات الساكنة، التي تحدث بصورة أساسية في غياب العواصف الرعدية. وأُبلغ عن وقوع أضرار مرئية في

ثلث هذه الحوادث. وليس هناك فارق واضح بين الضرر الذي يقع في ظروف الصاعقة الرعدية والضرر الذي يقع في غيابها٠ وهذا يفسر أن الدفقات الساكنة للبرق التي تحيط بالمناطيد هي في الواقع برق بدأه أو حرض عليه جسم السفينة الهوائية.

إن وهج سانت إلمو (St. Elmo's Fire) ما هو سوى نوعاً من البرق المستقدح. ففي حال تزايد الحقل الكهربائي قرب سطح الأرض، فإن تياراً من الشحنات الموجبة يتحرك للأعلى إلى الأجسام البارزة (المستدقة الرأس Pointed)، كما في الهوائيات (Antennas) وصواري السفن. وعلى كل حال، فبدلاً من ضربة الصاعقة، فإن هالة خضراء أو زرقاء اللون يمكن أن تظهر فوق تلك الأجسام، كفيض مستمر من الومضات (تفريغ هالي أو تاجي Corona Discharge) ينطلق في الهواء.



شكل (١٨) برق مستقدح

ومثل هذا التفريغ الذي يحدث في أعالي السفن - والمعروف بوهج سانت إلمو - يمكن أن يُرى أيضاً حول خطوط نقل الطاقة، وأجنحة الطائرات. ودوماً يقترن وهج سانت إلمو، بعاصفة رعدية قريبة، وبومضة برق يمكن أن تحدث قريباً، بخاصة إذا ما كان الحقل الكهربائي في الجو متزايداً.

٧ . ١ . ٣ . البرق السحابي - الهوائي:

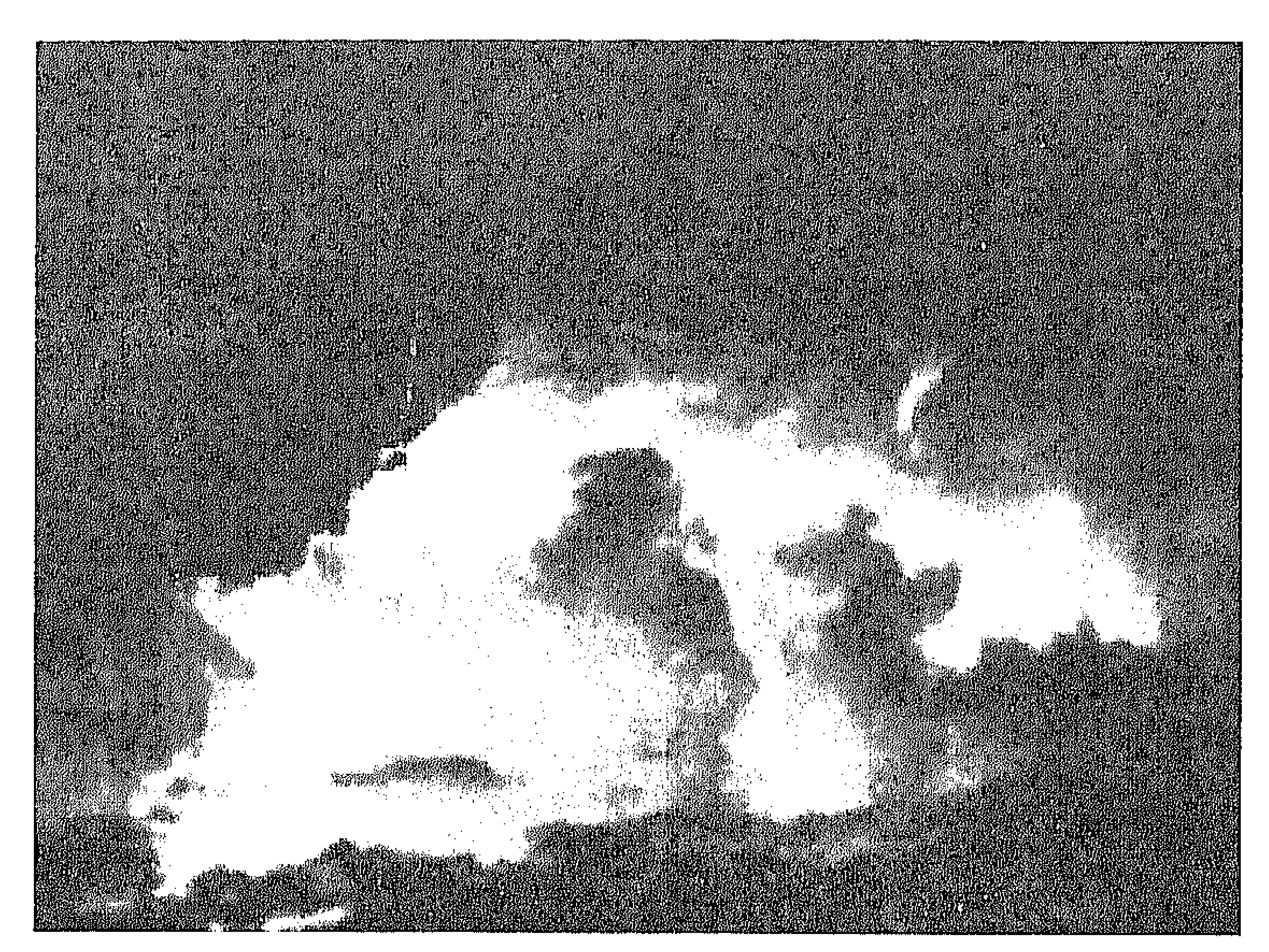
وهو يحدث بين السحابة ذات الشحنات الكهربائية المختلفة (سالبة وموجبة)، والهواء المحيط بها من أحد جوانبها الذي يحمل شحنة معاكسة. فعندما يكون فارق الكمون الكهربائي بين الشحنات السحابية والهواء كافياً ينطلق تيار البرق. شكل (١٩). وهذا النوع من البرق قليل المشاهدة جداً.

٧ . ١ . ٤ . البرق السحابي - الجوي:

وهو الذي يحدث عموماً بين أعالي سحابة عاصفة رعدية موجبة الشحنة، وبين قاعدة طبقة الأيونوسفير موجبة الشحنة.

وقد أمكن رؤية هذا النوع من البرق بواسطة أجهزة التصوير المثبتة على الأقمار الصناعية. وتستمر ومضة البرق حتى عشرة أجزاء من الألف من الثانية.

ولا يتخذ البرق السحابي - الجوي شكلاً خطياً أو متدرجاً كالبرق السحابي - السحابي وإنما أشكالاً عدة صورها العلماء، وصنفوها في أربعة أنواع:



شكل (١٩) برق سحابي ـ هوائي

أ ـ الأشباح الضوئية.

ب ـ الشياطين الضوئية.

جـ النفثات الزرقاء.

د ـ حوادث أشعة غاما.

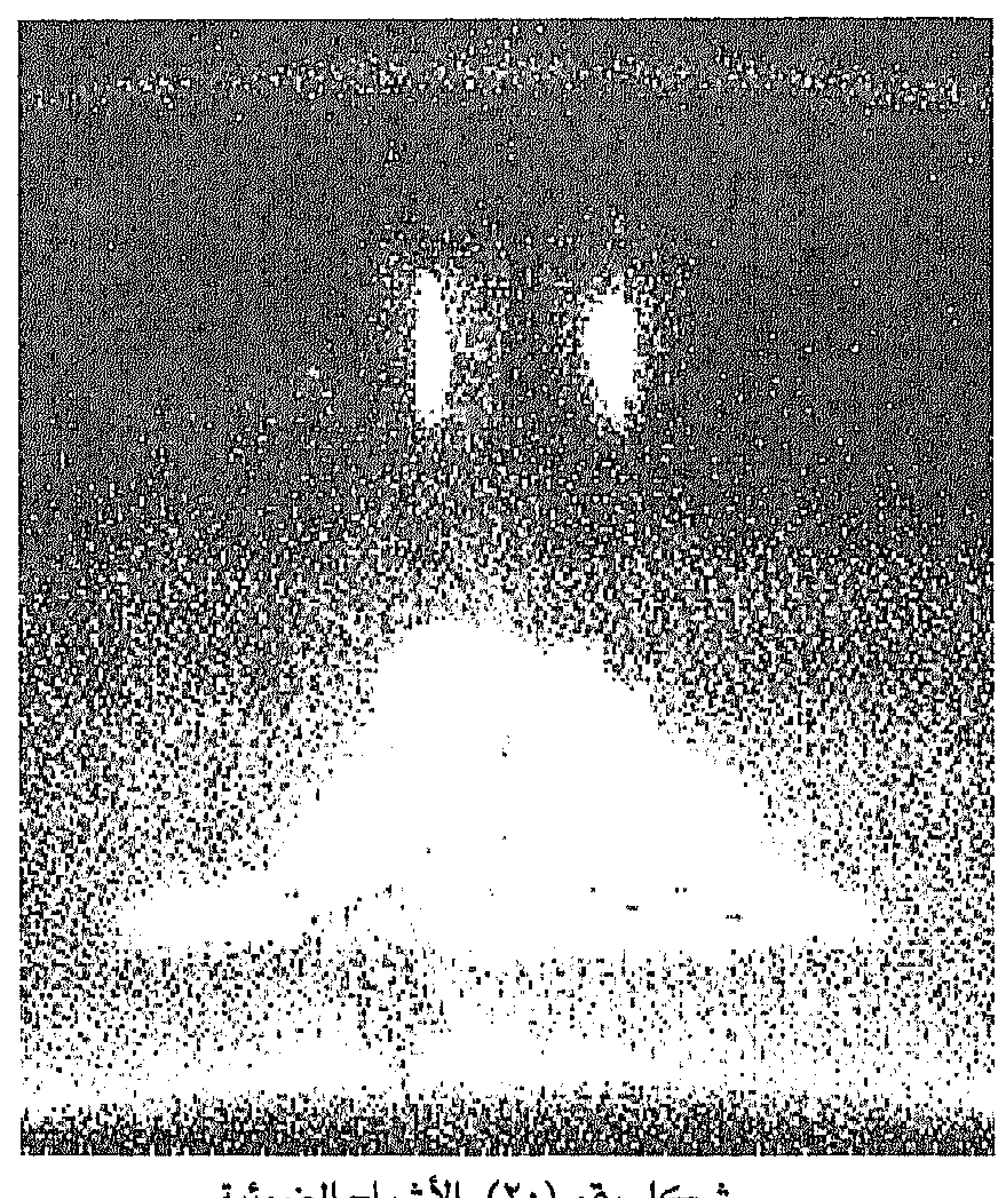
إن أشكال التفريغ من قمة سحب العواصف الرعدية الموجبة الشحنة وقاعدة الأيونوسفير (٩٠ ـ ١٠٠ كم) موجبة الشحنة أيضاً، من الأمور التي حيرت العلماء لفترة طويلة، إلى أن تم تصويرها لأول مرة في عام (١٩٩٠م) والتأكد من حقيقة وجودها.

والأشباح الضوئية (Sprites)؛ هي ومضات ضوئية عالية الارتفاع تحدث وتظهر فوق العواصف الرعدية في الجزء من الجو الذي يلي طبقة التروبوسفير، وذلك في طبقتي الستراتوسفير والميزوسفير، حيث

يكون التفريغ الكهربائي من قمة العواصف الرعدية وينتهي في قاعدة الأيونوسفير (٩٠ ـ١٠٠ كم). ومثل هذه التفريعات الكهربائية تحدث بكثرة في الهواء المخلخل فوق السحب الرعدية، نتيجة لوجود فروق عالية في الجهد الكهربائي. شكل (٢٠).

ونتيجة للتباين الشديد في كثافة الهواء ما بين مستوى قمة السحابة الرعدية في أعالي طبقة التروبوسفير وقاعدة الإيونوسفير، والمتوافق في حال وجود سحابة رعدية بفارق كمون (جهد) كهربائي شديد حيث الالكترونات القليلة الموجودة في قمة السحابة، مما يترتب على ذلك حدوث تفريغ كهربائي كثافي (انحدار الكثافة نحو الأعلى) شديد بين قمة السحابة والأيونوسفير موجب الشحنة· حيث تندفع الالكترونات (شحنات سالبة) بحركة سريعة نحو الأعلى لخفتها، وفي طريقها تصطدم بقوة بذرات الجزيئات الهوائية (الأوكسجين والنتروجين وسواهما) في الهواء المتخلخل مثيرة إياها، مما يجعلها تتخلص من طاقتها الجديدة المكتسبة بالصدم بإصدار ضوء، وعبر عدة اصطدامات للالكترونات وعدة إثارات واصدارات للضوء في المسار نحو الأعلى، يتخذ الضوء المتحرر شكل أعمدة عرفت باسم الأشباح الضوئية.

وبسبب نقصان كثافة الهواء مع الارتفاع، فإن البرق الذي يحدث في الارتفاعات العالية يشارك فيه عدد أقل من جزيئات الهواء فتعطي ألواناً لا تُرى في البرق العادي. وتظهر هذه الألوان عادة حمراء، ولكنها لا تكاد ترى لشدة ضعفها، إلا باستخدام آلات تصوير حساسة.



شكل رقم (٢٠) الأشباح الضوئية

والشياطين الضوئية الصغيرة عموماً تشبة الأشباح الضوئية؛ فهي تحدث أيضاً في الارتفاعات العالية حيث الحقول الكهربائية المولدة من برق عادي (سحب - هواء) عالي الشدة بصورة استثنائية. وهي تظهر كطبقات كعكية متوهجة.

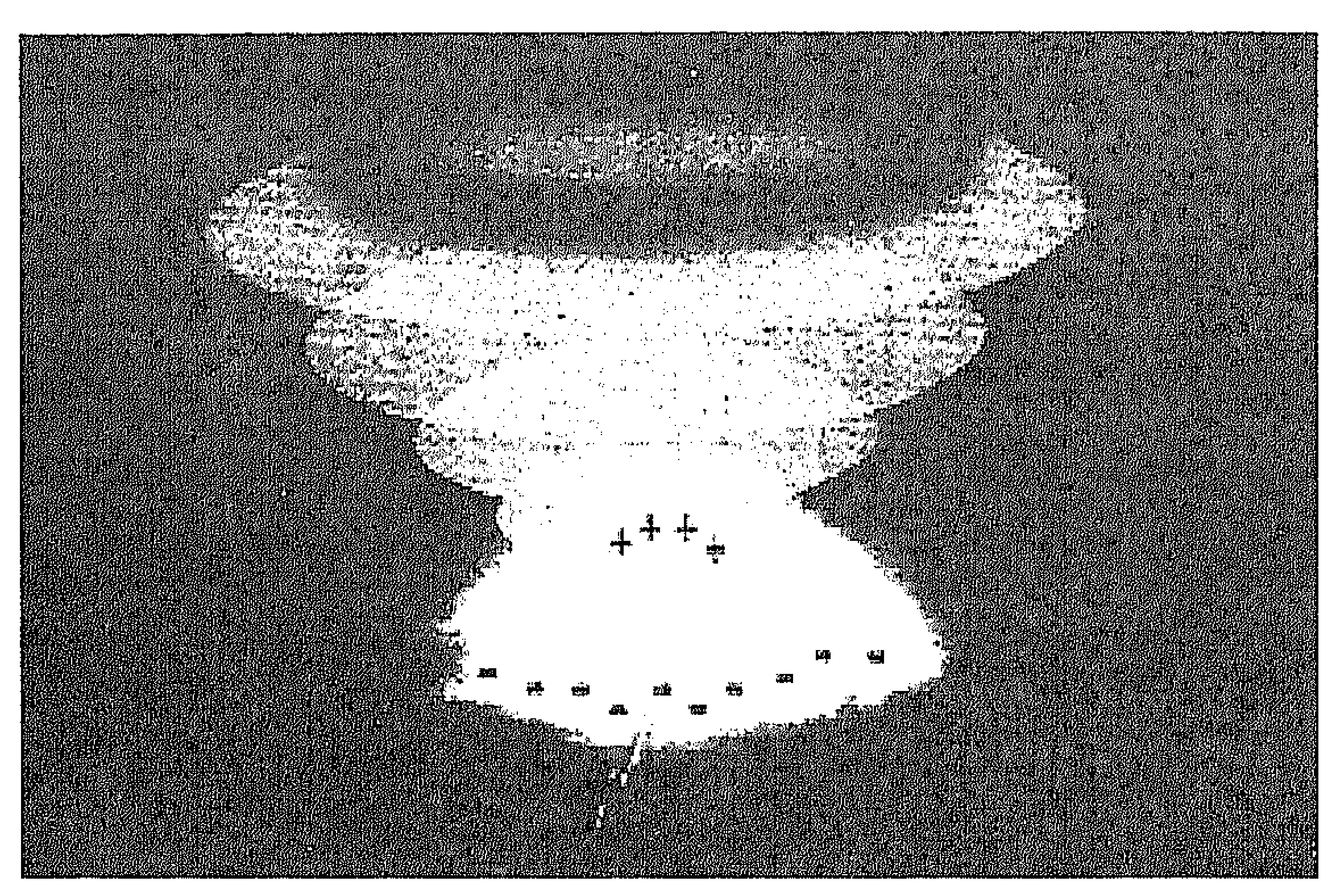
إن آلية تولد الشياطين الضوئية تشبه آلية الأشباح الضوئية، فهي تتشكل أيضاً بفعل الانفراغات الكهربائية للشحنات السالبة القليلة والخفيفة الموجودة في قمة سحابة الرعدية - الغالب عليها الشحنات الموجبة - باتجاه الأيونوسفير في الهواء المتخلخل ضمن طبقة الميزوسفير، والتي تنشر بسرعة الضوء في جمع الاتجاهات مبتعدة عن الحركة

السهمية للالكترونات (قناة البرق)، وكلما ازداد ارتفاع الالكترونات تعاظمت سرعتها أكثر، وازدادت قوة اصطدامها بجزيئات الهواء رافعة إياها إلى حالة مثارة، مصدرة بذلك ضوءاً شديداً. وفي حال حدوث تلك الاصطدامات والتفريغات الكهربائية الضوئية في مستويات ارتفاع متتابعة ذات كثافة جوية منخفضة، فإن الضوء المتولد ينتشر أفقياً على شكل حلقات مختلفة الاتساع والتسطح، بحيث تبدو تلك الحلقات المتوسعة كأقراص مسطحة. شكل (٢١).

ويمكن للشياطين الضوئية أن تحدث مع الأشباح الضوئية، لكنها تتشكل أولاً، ولا تدوم مثلها. فقبل حدوث البرق العادي مباشرة، تكون السماء مظلمة، بصورة منتظمة، ثم تضيء الومضة الناتجة قمة السحابة، وتلد مباشرة التوهجات المسطحة للشياطين الصغيرة في حركة للأعلى باتجاه الأيونوسفير، وفي تلك اللحظات تنبثق الأشباح الضوئية عبر هذا الجزء من الجو مضيفة تألقها إلى الضوء الضعيف من الطبقة المنيرة، وفي النهاية تبقى الأشباح الضوئية فقط.

أما النفثات الزرقاء (Blue Jets) فهي تتشكل وتظهر عموماً في طبقة الستراتوسفير الجوية حتى ارتفاع نحو (١٥٠) كم، وتعطي ضوءاً أزرقاً غامقاً، ولا يمكن مشاهدتها إلا من قاعدة طبقة الستراتوسفير، ولقد صورها العالمان (سنتمان ووسكوت) من طائرة نفاثة عام (١٩٩٤م) طارا بها فوق عاصفة رعدية فوق ولاية أركنساس الأمريكية. وقدرا سرعتها للأعلى بعد انبثاقها من قمة السحابة الرعدية بنحو (١٢٠) كم/ثا.

وتعد حوادث أشعة غاما والأشعة السينية (X) فوق العواصف الرعدية من أكثر الظواهر الكهربائية السحابية ـ الجوية مدعاة للحيرة.



شكل رقم (٢١) الشياطين الضوئية

٧ . ١ . ٥ . البرق الإيونوسفيري:

هناك حالات قليلة يكون فيها الجو صحواً خالياً من أي نوع من السحب، وبخاصة تلك السحب المعروفة بسحب العواصف الرعدية، ومع ذلك نشاهد البرق في السماء، وبخاصة عند الغروب وفي الليل - حيث عندها لا تمنع أشعة الشمس مشاهدتنا لوميض البرق -.

ومثل هذا البرق يحدث عموماً في الطبقة المتأينة (المتشردة، المتكهربة) التي تبعد عنا أكثر من (١٠٠ كم) ولتصل إلى (٣٠٠ كم)، حيث يحدث فيها خاصة في الفترات التي تكون الشمس في أقصى درجات اضطرابها؛ إذ تتحرر منها كميات كبيرة من الطاقة الجسيمية من الأوهاج الشمسية المنقولة بالرياح الشمسية بالإضافة إلى الأشعة الكونية، محدثة تركيزات من المناطق المشحونة سلبياً وتلك المشحونة إيجابياً، مما يسبب عند بلوغ فارق الجهد الكهربائي بينهما

حداً كبيراً انطلاق الشحنات السالبة نحو مناطق الشحنات الموجبة محدثة على طول مسارها الوهج الكهربائي المعروف بالبرق، الذي لا نراه بشدة كبرق السحب الرعدية، نظراً لبعده الكبير عنّا.

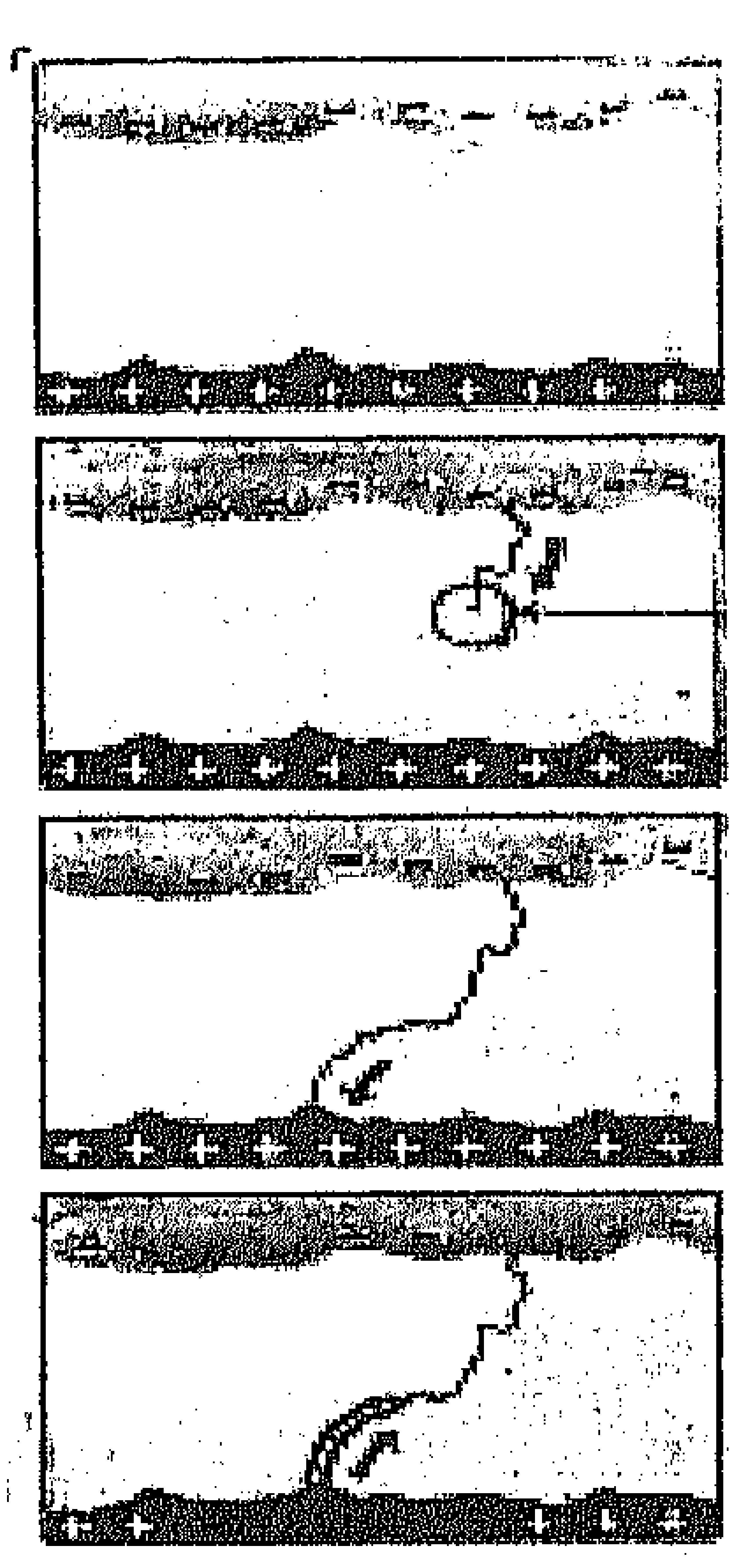
٧ ـ ٢ ـ آلية الصاعقة:

تمثل الصاعقة تفريغاً كهربائياً يتم بين قاعدة السحابة الرعدية ذات الشحنات السالبة، ومناطق من سطح الأرض ذات شحنات موجبة. فعندما يصل فارق الجهد الكهربائي بين قاعدة السحابة وسطح الأرض إلى نحو (١٠٠٠٠ فولط / سم) يحدث التفريغ، منطلقة الالكترونات عبر قناة (مجرى) تجاه سطح الأرض. وتتخذ تلك القناة ـ كما في البرق ـ شكل قفزات أو درجات، متحركة الالكترونات نحو الأرض بسرعة تبلغ نحو (١٠٠٠٠ كم/ثا). وبعد أن تجتاز نحو (١٠٠) متراً تتوقف فجأة لنحو (٥٠) ميكرو ثانية، لتقفز بعدها قفزة أخرى لمائة متر أخرى، وليس بالضرورة في الاتجاه الأول نفسه، وإنما يمكن أن تحيد عنه يساراً أو يميناً، ولتقف بعدها أيضاً نحو (٥٠) ميكروثانية، وهكذا سلسلة من القفزات (الدرجات) والوقفات، إلى أن يقترب رأس قناة التفريغ من سطح الأرض، لتتخذ بذلك قناة التفريغ شكل خط متكسر. ويطلق على هذه القناة اسم القائد (Leader) أو القائد المتدرج (Stepped – Leader)، باعتبار أن القناة تتخذ شكل درجات. شكل (٢٢).

وإذا كانت المسافة بين قاعدة السحابة سلبية الشحنة وسطح الأرض نحو (١ كم)، فإن القائد سيستغرق نحو (١٠ ـ ٢٠) ميغا ثانية لبلوغ سطح الأرض. وستصبح عندها قاعدة السحابة موصولة بالأرض

بقناة البلازما الناقلة جيداً للتيار الكهربائي، وهذه هي المرحلة الأولى من ضربة التيار الكهربائي. أما المرحلة الثانية فتتم بسرعة أكثر وشدة أكبر؛ حيث يندفع التيار الرئيسي عبر القناة، مستمرة النبضة نحو (٠,١) ميغا ثانية، وتصل شدة التيار إلى حوالي (١٠٠,٠٠٠) أمبير، متحررة كمية كبيرة من الطاقة تصل إلى نحو (١٠) جول، مؤدية إلى ارتفاع درجة حرارة الهواء عبر القناة إلى نحو (١٠٠٠٠ ـ ٢٠٠٠٠° م)، متولداً من ذلك وهجاً شديداً مترافقاً بضوء براق هو ما يلاحظ عند تفريغ البرق، وتمدداً فجائياً حاداً في الغاز المتسخن محدثاً الدوي الصوتي المعروف بالرعد.

ولقد بات جلياً، أن تسخن قناة التفريغ يزداد بالاتجاه من الأرض إلى الأعلى. فما أن تتشكل القناة ببلوغ رأسها الأرض. حتى تندفع نحو الأسفل قبل كل شيء الالكترونات التي كانت في قسمها السفلي. ولذلك فإن القسم السفلي من القناة هو أول من يبدأ بالتسخن والإشعاع. ثم تندفع نحو الأرض الالكترونات من القسم التالي الأعلى من الأول من القناة، ويبدأ تسخن هذا القسم وإشعاعه، وهكذا بالتدريج من الأسفل إلى الأعلى تنضوي في الحركة



شكل رقم (٢٢)

آلية ومراحل الصاعقة

نحو الأرض الكترونات جديدة وجديدة. والنتيجة أن تسخن القناة وإشعاعها من أسفل إلى أعلى.

وبعد مرور نبضة التيار الأساسي تحل فترة توقف تستمر(١٠ ـ٥٠) ميغا ثانية، وخلال هذه الفترة تنطفئ القناة عملياً وتنخفض حرارتها إلى نحو (١٠٠٠ ْم)، ويطرأ انخفاض جوهري على كهربية (إيونية) القناة. ولكن تبقى في السحابة شحنة كبيرة، ومن ثم فإن قائداً جديداً يندفع منها نحو الأرض مجهزاً الطريق لنبضة تيار جديدة، ويسير القائد الجديد عبر الطريق الذي شقه القائد الأولي، فثمة أيونات كثيرة أمامه، حيث يقطع الطريق كله من الأعلى إلى الأسفل دون توقف خلال نحو (١) ميغا ثانية.

ولم يعد يسمى بالقائد المدرج، بل القائد السهمي **(Dart Leader)**. ومن جديد تأتي دفقة قوية من التيار الأساسي، تنتشر عبر القناة المحددة من تحت إلى فوق لتتصل مع الدفقة النازلة، ولتغلق بذلك الدارة الكهربائية، ولتبدأ عند ذلك الضربة الراجعة. وبعد فترة توقف أخرى تبلغ نحو عشرات الميلليثواني يتكرر كل شيء. وبالنتيجة إشعاع عدة نبضات قوية ندركها نحن كتفريغ موحد للصاعقة، كلمع ساطع وحيد.

إن القائد السهمي لا يسلك دائماً الطريق الذي شقه القائد المتدرج وإلى النهاية. ففي نقطة ما من هذا الطريق يمكن أن يغير فجأة طريقه، وحينئذ نشاهد الصاعقة على شكل خط مزدوج متكسر.

ولربما تنزل عدة أقنية ضوئية من قاعدة السحابة إلى الأرض، فتعطي مظهراً يشبه الأغصان المتدلية. وعند بلوغ رأس قناة التفريغ (قناة القائد) سطح الأرض يرافقها جيشان **(Surge)** هائل ومفاجئ من الشحنة نحو

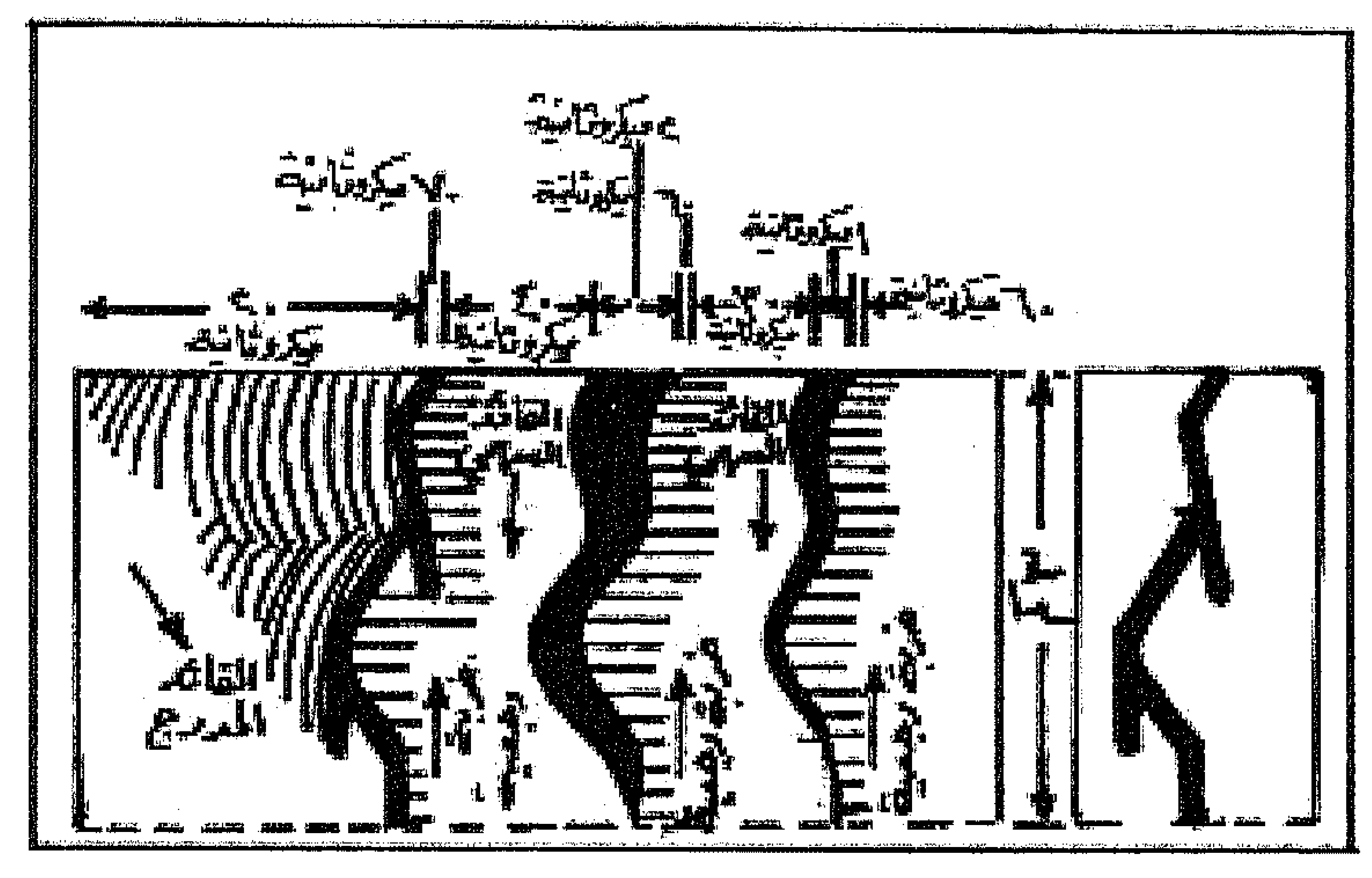
الأعلى بالمسار نفسه، حيث تكون الشحنات الموجبة الأرضية قد تلاشت بإفراغها كهربائياً عبر الشحنات السالبة التي تدفقت من قاعدة السحابة، لينعكس فرق الكمون الكهربائي وتصبح وجهته نحو الأعلى مما يقود الشحنات السالبة الأرضية بالاندفاع سريعاً للأعلى بالقناة نفسها مولدة الضوء المبهر، وقد ترتفع الشحنات مسافة متفرغة بالتقائها بالشحنات الموجبة لتغلق الدارة، أو تستمر حتى قاعدة السحابة أما عبر القناة نفسها أو بتغير المسار بسلوك قناة تفريغ جديدة توصل إلى مناطق الشحنات الموجبة في مقدمة قاعدة السحابة. ويدعى هذان الجيشان بالضربة الرجعية أو المرتدة (Return Strok) التي يمكن أن ترى بالعين - شكل (٢٣) - وخلال بضعة أجزاء من ألف من الثانية، فأن عشرات ألوف الأمبيرات تتدفق نحو الأعلى عبر القناة. وفي الممر السابق فإنه يمكن لعدة ضربات رجعية أن تتوالى متعاقبة بسرعة، بفواصل زمنية هي بضعة أجزاء من الألف من الثانية. ويتولد من نواتج التأين وميض ظلامي (Blinding Flash) من مميزات البرق (الصاعقة) القريب منا عندما يُرى في الليل[1]. والحرارة المتولدة تعمل على تسخين الهواء بسرعة مسببة تمدده المفاجئ الذي ينتج أمواج صوتية، عند مرورها فوق الرأس هي الرعد.

وفي بعض الأحيان تنتهي الصاعقة بانتهاء الضربة الراجعة. غير أن مرحلة أخرى غالباً ما تبدأ خلال أربعين ميلي ثانية بانبعاث سهم ضوئي من قاعدة السحابة. ومن الناحية النموذجية يتحرك السهم الضوئي تابعاً القناة بسرعة واحد من مائة من سرعة الضوء. ولا يحدث هنا تدرج؛ بل يقتصر الأمر على تقدم السهم الضوئي النازل الذي يبلغ طوله حوالي خمسين متراً. ويحمل

(1) - Battan, L. J; The Nature Of Violent Storms. P. 67 – 68.

السهم شحنة تتراوح شدتها بين بضع مئات إلى ألف أمبير، وهو يختزن بضع كولونات من الشحنة في القناة. وهنا لا يحدث تفرع أيضاً. ويلامس السهم عادة النقطة نفسها التي يلامسها الناقل الرئيسي. وهذا يؤدي إلى إعادة إغلاق الدارة بين السحابة والأرض فتحدث ضربة راجعة أيضاً. يتكرر حدوث مراحل النقل الكهربي، والنقل الراجع، نموذجياً، ثلاث أو أربع مرات لتوليد ضوء البرق ـ الصاعقة الذي يستمر عشري الثانية في المتوسط. وقد أبلغ عن حدوث ست وعشرين ضربة موصلة وراجعة في التماعة البرق التي دامت ثانيتين.

في حوالي خمسٍ واحد من الدفقات الواصلة بين السحابة والأرض تتكون أكثر من نقطة تماس واحدة مع الأرض: ويحدث هذا عندما يلاقي ناقل السهم جزءاً من القناة أكبر عمراً من مائة ميلي ثانية فيخلق ناقلاً مدرجاً جديداً إلى الأرض. ويزداد الضرر الذي يمكن أن تسببه الومضة إذا وجدت أكثر من نقطة تماس واحدة مع الأرض.



شكل (٢٣) الضربة المرتدة للصاعقة

٣.٧ . آلية البرق الكروي (Ball Lightning)[(١)]:

وهو بمثابة كرات مضيئة، تظهر أحياناً في الهواء أثناء العاصفة الرعدية، بالقرب من سطح الأرض. وهو يختلف عن البرق الخطي، من حيث شكله وسلوكه، ومن حيث آليته. فبينما لا تتجاوز مدة البرق الخطي الثانية فإن البرق الكروي يستمر عشرات الثواني، وأحياناً بضع دقائق. وإذا كان البرق الخطي يترافق عادة بالرعد، فإنه لا رعد مع البرق الكروي. وكذلك فإن البرق الخطي يترافق بحرارة ظاهرة على جانبي مساره، بينما لا حرارة تشع من البرق الكروي. وقد يتلاشى البرق الكروي بهدوء دون أن يحدث أي شيء، ولربما انتهى بانفجار لاصطدامه بجسم ما. وهو يتحرك دون صوت.

ويبدو البرق الكروي بشكل كرات براقة أو ما يشبه الكرات، ذات أقطار تتراوح بين (١٥ ـ ٣٠ سم). وهو يضيء تارة بشكل خافت وأخرى بشكل ساطع بقوة سطوع تعادل سطوع مصباح كهربائي (١٠٠ واط فأقل).

وتظهر كرات البرق بلون أصفر برتقالي أو مائل للحمرة (٦٠٪) أو بيضاء (٢٠٪)، وقد تبدو بلون نيلي أزرق (٢٠٪).

والبرق الكروي لا يتشكل ضمن السحب الرعدية، وإنما فيما دونها، حيث ينطلق على ما يبدو من السهم الصاعقي المتدرج المتجه نحو الأرض من إحدى تدرجاته قبل بلوغه سطح الأرض، وأحياناً بعد اصطدام الصاعقة بالأرض ـ شكل (٢٤) ـ، حيث يرتفع فوق سطح

---

(١) ـ تاراسوف، ل. ف؛ الفيزياء في الطبيعة. ص ١١٦ ـ ١٣٢.

الأرض متراً أو بضع أمتار، ويتحرك بعدها أفقياً مسايراً للمظاهر التضاريسية متجنباً الأجسام الناقلة للتيار الكهربائي، والناس، مع استجابته للدخول عبر الأبواب والنوافذ والفتحات الصغيرة التي قطرها أقل من حجمه بكثير. شكل (٢٥).

ومن عومه فوق سطح الأرض في الهواء القريب منها، فهذا يدل على أن كرات البرق ذات كثافة مساوية للهواء أو أثقل منه بقليل. ولتجنبه الأجسام المعدنية والإنسان، وتمثله الأشكال التضاريسية، وهي عموماً بروزات أرضية ذات شحنات إيجابية في أثناء العاصفة الرعدية، فهذا يعني أن البرق الكروي ذو شحنة موجبة أيضاً. وإذا ما صادف جسم ذو شحنة سالبة فستجذب كرة البرق نحوه، وستنفجر في الغالب، وإذا لم تصادف شيئاً من ذلك فستتخامد وتتلاشى في مسارها الأفقي خلال عشرات أو مئات الأمتار ولربما عدة كيلومترات.

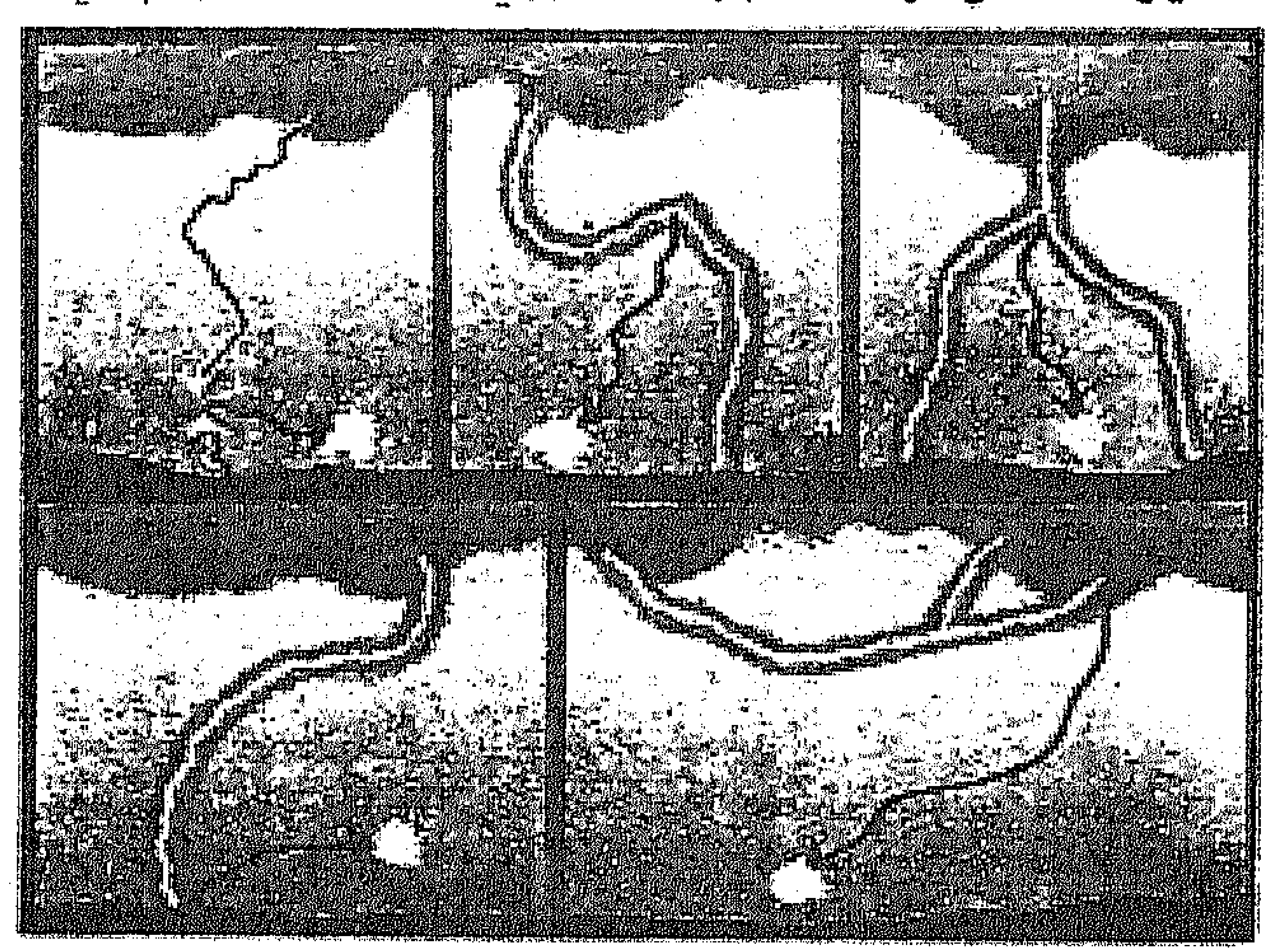
وتتراوح سرعة حركة كرات البرق بين (١ ـ١٠ م/ثا). كما أن الطاقة الناجمة عن انفجار البرق الكروي لا تتجاوز (١٠٠) كيلو جول. وبينما حرارة كرات البرق السطحية عادية كحرارة الهواء المحيط بها، فإنها في داخلها نادراً أن تتجاوز (٤٠٠ °م).

ويظهر البرق الكروي في أغلب الحالات خلال نشاط العاصفة الرعدية، حيث تلاحظ البروق والصواعق الخطية، ويكون عندها توتر المجال الكهربائي الجوي عالياً جداً. والبعض يرى أن البرق الكروي يظهر إما بعد تفريغ الصاعقة مباشرة أو قبيل تفريغها وهذا نادر. في حين يرى آخرون أن البرق الكروي يظهر في اللحظة التي يلتقي فيها القائد المتدرج الهابط من السحابة بالقائد القادم من الجهة

الأخرى (الأرض) على مسافةعشرات الأمتار فوق سطح الأرض . شكل (٢٤ ـ أ) .. كما يمكن للبرق الكروي أن يظهر في نقطة الانكسار الحادة للصاعقة ـ شكل (٢٤ ـ ب) .، أو في المكان الذي تتفرع فيه إلى فرعين ـ شكل (٢٤ ـ ج) .، وكذلك يمكن أن يظهر بعد اصطدام الصاعقة بالأرض ككرات ارتدادية . شكل (٢٤ ـ د) ..

كما يمكن للبرق الكروي أن يتولد عند التفريغ الكهربائي بين السحب ـ شكل (٢٤ ـ هـ) .. وهذا كله إن دل فهو يدل على أن البرق الكروي يتكون بفعل طاقة تفريغ البرق والصاعقة العاديين.

وهناك عدة فرضيات حول آلية تشكل البرق الكروي، منها فرضية الكلاستير(*)، التي ترى أن البرق الكروي عبارة عن جسم ذي كيان

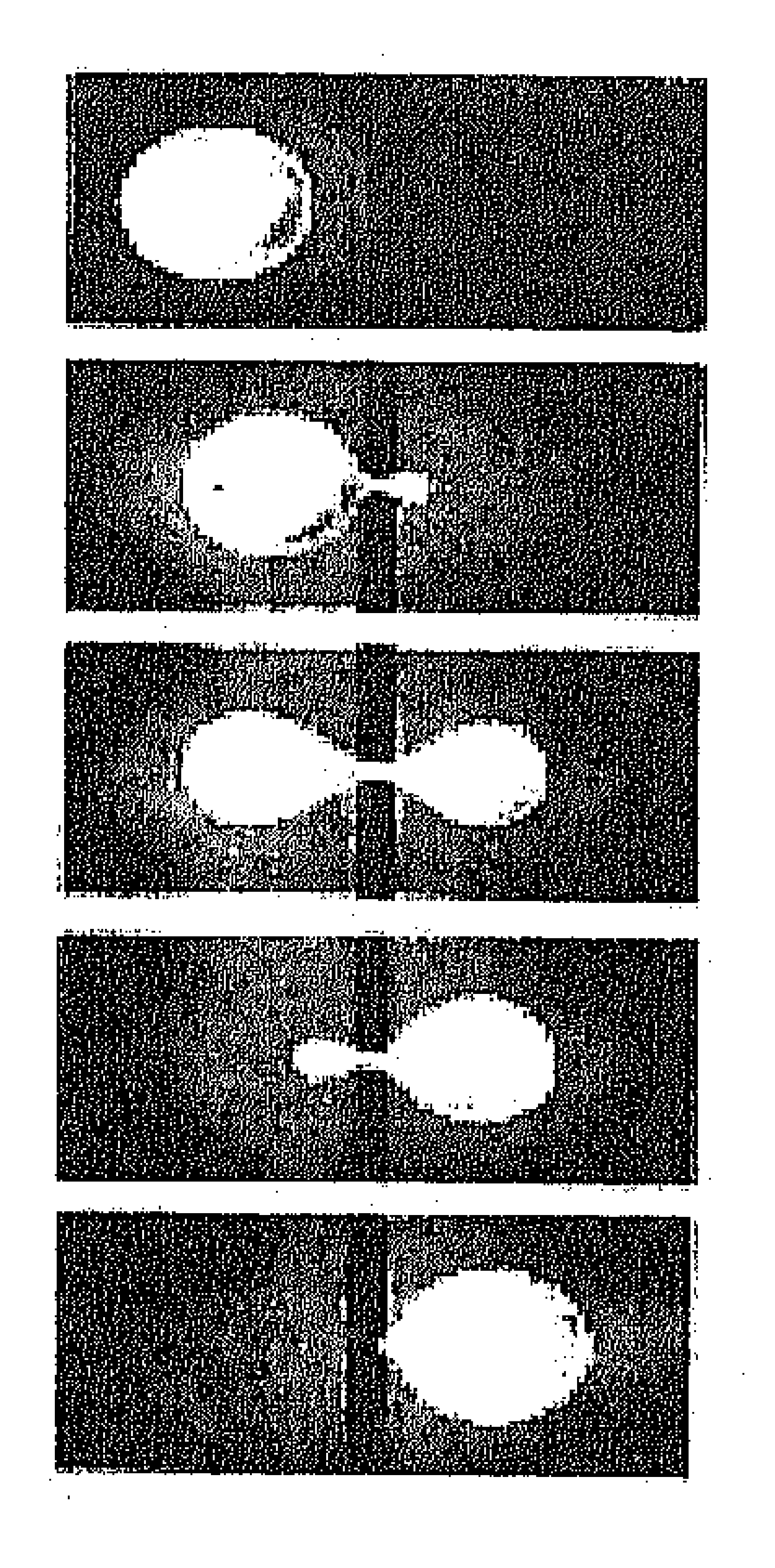


شكل (٢٤) علاقة تشكل البرق الكروي بالصاعقة

(*) ـ الكلاستير: هو الأيون الموجب أو السالب المحاط بجزيئات محايدة. فإذا كان محاطاً بجزيئات الماء يعرف باسم الكلاستير الهيدراتي.

مستقل، يتكون من أيونات ثقيلة موجبة وسالبة، تكون إعادة اتحادهما معاقة بشكل قوي نتيجة تفاعل ماء الأيونات. والأيونات سابقة الذكر تتكون بفضل طاقة تفريغ البرق الخطي. والطاقة المستهلكة في تكوينها هي التي تحدد احتياطي البرق الكروي من الطاقة، وتفرغ عند إعادة تركيب الأيونات - أي لدى تصادم الأيونات الذي يترافق بانتقال الالكترونات من الأيونات السالبة إلى الموجبة، وبالنتيجة تتحول الأيونات إلى ذرات محايدة أو إلى جزيئات .. وبفضل القوى الكهربائية (الكولونية) العاملة بين الأيونات، يصبح الحجم المملوء بالإيونات ذا توتر سطحي، مما يضمن الشكل الكروي الثابت للبرق.

على أن الفرضية الأبسط، وهي بمثابة رؤية لبعض العلماء؛ أن هناك حالات قليلة - إن لم تكن نادرة - من البرق الكروي يمكن أن يحدث في ظروف وحالات مشابهة للبرق الخطي بأشكاله المختلفة، وإن كان معكوس الاتجاه، وذلك عندما تتركز الشحنات الموجبة في مناطق الهبوط الهوائي عند قاعدة السحابة، التي تتوفر فيها قطيرات الماء الصغيرة غير القادرة على تجاوز قاعدة السحابة - إلا ماندر - مشحونة تلك القطيرات بشحنات موجبة، ومتكتلة بشكل كرة صغيرة، تندفع نحو مناطق التركز السلبي للشحنات في طرف آخر من قاعدة السحابة، أو باتجاه سطح الأرض أحياناً، متخذة مساراً شبه خطياً متعرجاً، وبسرعة



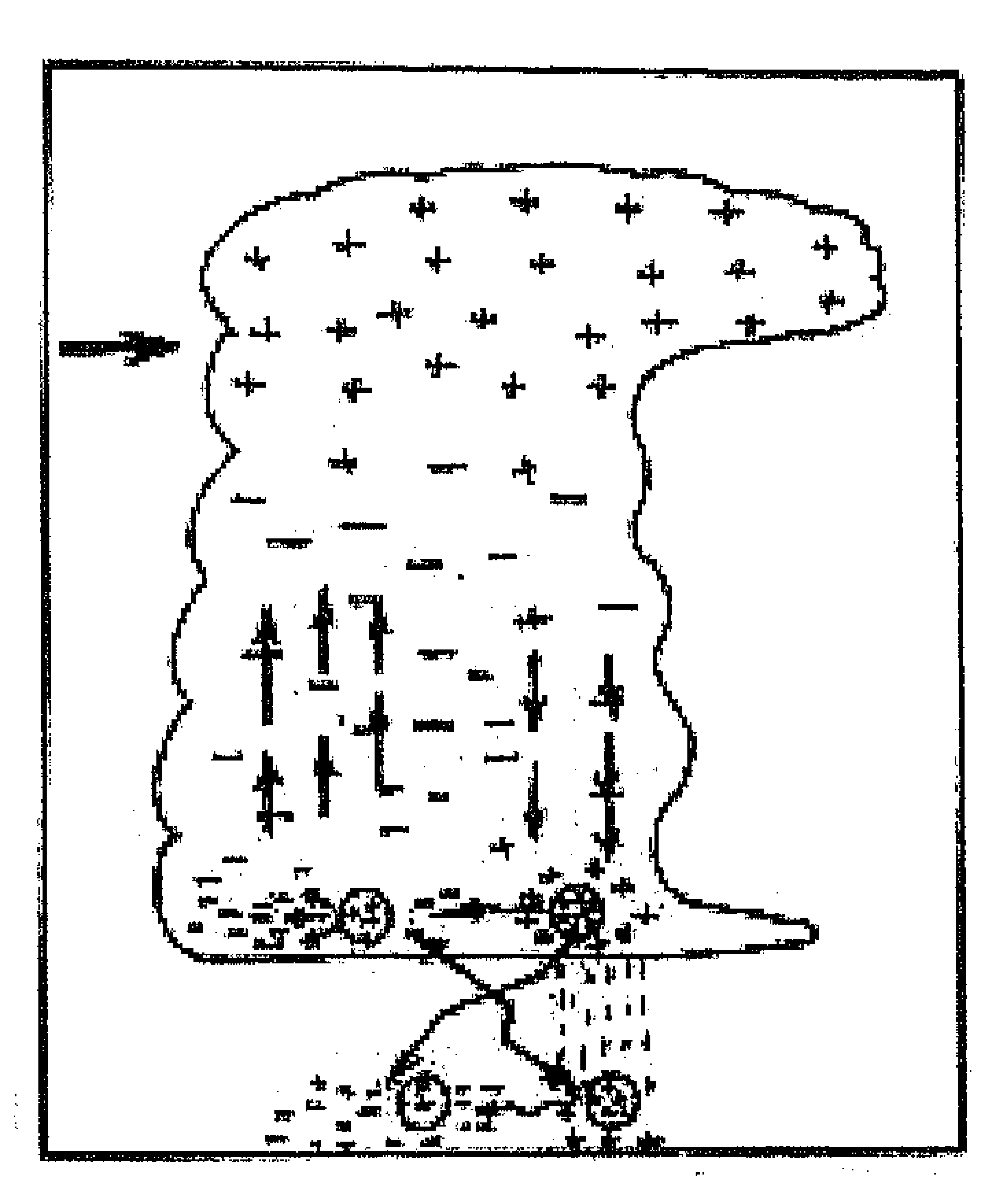
شكل (٢٥)
خصائص البرق الكروي

محدودة، وهي تلمع كالمصباح المتحرك على طول مسارها، بدرجة لمعان أقل بكثير من لمعان أنواع البرق الأخرى، وسرعان ما تتخامد باقترابها من مناطق الشحنات السالبة التي تتفرغ فيها وتتلاشى دون أن يرافقها أي صوت رعدي لكون درجة الحرارة على طول مسارها أقل من الدرجة التي تسمح بالتمدد المفاجئ للهواء المولد لصوت الرعد. ومثل تلك الظروف تتوفر عادة في المرحلة الأخيرة من مراحل تطور العاصفة الرعدية، وذلك في أعقاب مرحلة النضج. شكل (٢٦).

ويبقى البرق الكروي ظاهرة نادرة،فإن لم يكن نادر الحدوث، فهو نادر المشاهدة (*). لأنه يمكن أن يحدث بكثرة ولكن مشاهدته بالندرة النادرة؛ فهو دون صوت ولا يومض، وإن كان يبدو كمصباح متحرك بقوة (٥٠) واطاً تقريباً قريباً من سطح الأرض، ويختفي بسهولة خلف أي جسم، وهو قد يتلاشى بدون أي صوت، وإن كان نحو (٥٠٪) منه ينفجر ولكنه ليس انفجاراً مدوياً كالرعد. وبالتالي فإنه لا يمكن للإنسان أن يرى تلك البروق الكروية إلا صدفة عندما يجدها قريبة منه، ذلك أنه من المستحيل أن ترى كراته الصغيرة المضيئة على مسافة عدة كيلومترات.

ويبقى البرق الكروي ظاهرة محيرة للعلماء، لم يجدوا التفسير العلمي الدقيق له، وكل ما افترضوه من فرضيات حول آلية تشكله وخصائصه، مستمدة من روايات لأناس شاهدوه - في روايات تشبه روايات الأطباق الطائرة مع تلاشي البرق الكروي على مرمى نظر عين المشاهد..

(*) - لم يتم تصويره رغم الروايات العديدة عنه.



شكل (٢٦) عملية تشكل كرة البرق حسب تصور بعض العلماء

ومن تلك الروايات ـ حسبما نشرته مجلة العلم والحياة الفرنسية من روايات عدة ـ؛ نورد:

١ ـ الرواية الأولى لشخص شاهد كرة البرق: «رأيت على مسافة حوالي عشرة أمتار أن البرق الكروي ذا لون أصفر فاتح ، بقطر (٣ ـ ٤ سم)، وقد اندفع من الأرض في المكان الذي سقطت فيه الصاعقة. وبعد أن ارتفع إلى علو (٦ ـ ٩) أمتار، راح يتحرك أفقياً، وهو لا يكف ينبض متخذاً شكلاً كروياً تارة، وأهليلجياً تارة أخرى، وبعد أن قطع قرابة (٥٠) متراً خلال دقيقة اصطدم بشجرة صنوبر وانفجر»[1].

٢ ـ كانت العاصفة الرعدية فوق المدينة قوية، مترافقة بأمطار

(١) ـ تاراسوف، ل. ف؛ مرجع سابق، ص ١١٧.

غزيرة، ومن فتحة في نافذة المطبخ في الطابق الثاني، اندفعت كرة من البرق صفراء اللون متجانسة بقطر نحو (٢٠) سم، وأخذت بالتحرك أفقياً ببطء، وهي تنخفض بشكل ملحوظ، وقطعت مسافة تقارب المتر سابحة في هواء غرفة المطبخ، ومن ثم ودون أن تتفتت أو تسقط اختفت دون صوت. وهذا كله لم يستغرق سوى (٣٠) ثانية تقريباً[1].

٣ ـ في التاسع من شهر تشرين الأول (١٨٨٥م)، وفي الساعة الثامنة وعشرين دقيقة مساءً، وأثناء حدوث برق قوي وصاعقة في القسطنطينية بتركيا، وبينما كانت إحدى الأسر تتناول الطعام في الطابق الأول، ظهرت فجأة كرة نارية بحجم التفاحة، نفذت من خلال النافذة المفتوحة، وقد لامست هذه الكرة قماش الستارة، ثم اندفعت نحو الطاولة، ومرت بين شخصين جالسين إليها، وارتفعت إلى المصباح الموجود في الوسط، ودارت حوله، ثم انقذفت من النافذة باندفاع إلى الشارع، منفجرة، مترافقاً انفجارها بصوت قوي، ولكن دون أن تحدث أي ضرر، ودون أن تخلف وراءها آية رائحة[2].

٧ ـ ٤ ـ آلية الرعد:

يتشكل الرعد نتيجة تمدد مفاجئ للهواء بفعل الارتفاع السريع لدرجة الحرارة في قناة تفريغ البرق أو الصاعقة. متولداً من جراء ذلك أمواج صوتية تعطي دوياً هائلاً يشبه قصف المدافع. وينبعث الرعد من كافة فروع ومضة البرق في لحظة واحدة، في حين نسمعه على

(٢) ـ المرجع نفسه؛ ص ١١٨.

(١) ـ بوغارتش؛ أ. ف، نشوريوموف، د. ك. أ؛ السماء دون غرائب. ص ٢١٥.

فترات متتالية، بسبب اختلاف أبعاد الفروع عن الأرض.

ونحن نرى لمعان البرق كلمع خاطف، وفي اللحظة التي يحدث فيها تفريغ البرق وينتشر بريقه (لمعانه، ضوءه) يتمدد الهواء ويتشكل الرعد، بتزامن واحد. غير أن لمعان البرق ينتشر بسرعة الضوء (٣٠٠ ألف كم/ثا)، بينما الرعد ينتشر بسرعة أقل بكثير (سرعة الصوت في الهواء ٣٣٠ م/ثا). ولذا فإننا نسمع صوت الرعد بعد مشاهدتنا لوميض البرق، بفارق زمني نحو خمس ثوان تقريباً لكل (٢ كم) من المسافة بين الموضع الذي تحدث فيه شرارة البرق والمكان الذي يوجد فيه المشاهد. وكلما كان البرق بعيداً عنا طالت الفترة الفاصلة بين مشاهدتنا لوميضه وسماعنا لصوت الرعد، وكان عندها الوميض أخف وصوت الرعد أضعف. وفي حال البروق البعيدة جداً فإن الرعد لا يصلنا، لأن الطاقة الصوتية تتلاشى وتمتص في الطريق ، وتكون البروق خفيفة، ويسمى بالوميض الخفيف. وعموماً فإن انتقال الصوت في الهواء الحار أسرع من انتقاله في الهواء البارد(*).

ولكن صوت الرعد يستمر لعدة ثوان، بينما وميض البرق (إجمالي نبضاته) لا يستمر سوى (٠,١ ـ ٠,٢) ثانية، فما السبب في ذلك؟ هناك سببان: أولهما، أن سرعة البرق كبيرة (تقاس بالكيلومترات)، بينما سرعة الصوت قليلة (تقاس بالأمتار)، ويصلنا الصوت من قطاعات البرق المختلفة في لحظات مختلفة. ثانيهما: أن الصوت ينعكس على السحب مكوناً الصدى. ولهذين السببين يسمع

(*) - إن سرعة الصوت في الهواء الساكن = $\sqrt{٢٠\ ح}$

عقب الوميض القصير هزيم الرعد الطويل إلى حد ما. وإن ما يجري أحياناً من شدة الصوت في نهاية هزيم الرعد يعود إلى انعكاس الصوت على السحب.

ويكون الرعد في المناطق الجبلية أشد قوة من الذي يحدث في المناطق الأخرى، بسبب الصدى الذي تحدثه المناطق الجبلية.

والرعد عموماً لا يُسمع لمسافة تزيد عن (٢٥ كم) من مكان وجود المشاهد للبرق الذي يرى لمسافة أبعد من ذلك بكثير، وهذا يعود إلى تأثير الهواء نفسه في إضعاف أو تخامد انتقال الصوت، كما يعود أيضاً إلى بنية درجة حرارة الهواء التي تعمل على انعكاس الأمواج الصوتية نحو الأعلى بعيداً عن سطح الأرض[1].

فعندما تسود حالة تناقص درجةالحرارة بالارتفاع ـ كمايحدث في النهار ـ فذلك يؤدي إلى انعكاس موجات الصوت نحو الأعلى، فيختفي الصوت بعد مسافة قصيرة من انبعاثه.

(1) - Henderson – Sellers A & Robinson, P. J; Contemporary Climatology. P. 146.

الفصل الثامن

أنواع الرعد و البرق والصاعقة

٨ ـ ١ ـ أنواع الرعد

٨ ـ٢ ـ أنواع البرق

٨ ـ ٣ ـ أنواع الصاعقة

أعطى العرب لكل ظاهرة من الظواهر الجوية الكهربائية والصوتية، أسماء معينة تحدد درجة قوتها وشدتها وحالتها.

٨ . ١ . أنواع الرعد:

الرعد - كما جاء في لسان العرب - هو الصوت الذي يسمع من السحاب. وقد أُعطي بعض الأسماء الأخرى، نذكر منها: القُفَّه التي تعني الرعدة، وكذلك؛ القرقفة بمعنى الرعدة[١]. ويقال إني لأَقرقف من البرد أي أُرعد. كما يدل عندهم الزَجَل على الرعد؛ فسحاب ذو زَجَل؛ أي ذو رعد.

ومن أنواع الرعد، نذكر:

١ - **الارزام:** صوت الرعد غير الشديد والمتواصل[٢].

٢ - **الزمزمة:** وهو ما يطلق عليه أيضاً اسم الأزيز؛ وهو الرعد الخفيف الصوت الذي يسمع من بعيد. قال أبو حنيفة: الزمزمة من الرعد ما لم يعل ويفصح. وقيل هو أحسنه صوتاً وأثبته مطراً[٣].

٣ - **الارتجاز:** صوت الرعد المتدارك. وارتجز الرعد ارتجازاً؛ إذا سمعت له صوتاً متتابعاً. ويعرف صوت الرعد المتدارك أيضاً باسم المرتعج[٤].

---

(١) - لسان العرب؛ ج ١١، ص ١٨٩ - ١٩٦.

(٢) - لسان العرب؛ ج ١٥، ص ١٢٩.

(٣) - لسان العرب؛ ج ١٥، ص ١٦٦.

(٤) - لسان العرب؛ ج ٧، ص ٢١٨. وابن دريد الأزدي؛ وصف المطر والسحاب وما نعته العرب الرواد من البقاع، ص ٤٥.

٤ ـ **الرجس**: صوت الرعد الثقيل أو الشديد. وإذا أرعدت السماء، يقال رجست السماء[1].

٥ ـ **القاصب**: الرعد الشديد الصوت. وينطوي تحته المجلجل والمدوي والمرتجس. ويقال: السحاب القاصب؛ أي الذي فيه رعد وبرق[2].

٦ ـ **المجلجل**: الذي تسمع لرعده جلجلةً، أي صوتاً وَهدَّةً [3]. ويقال أيضاً جلجل الرعد جلجلة، بمعنى الصوت ينقلب في جنوب السحاب[4].

٧ ـ **القاصف**: الرعد شديد الصوت، بل أشد الرعد صوتاً. قال أبو حنيفة: إذا بلغ الرعد الغاية في الشدة فهو القاصف[5].

٨ ـ **القعقعة**: تتابع صوت الرعد في شدة، ومنه قعقعة السلاح وما أشبهه. وفي قول لأعرابي يصف سحاباً ممطراً «فأنشأ الله سحاباً ركاماً كنهوراً سجاماً، بروقه متألقة، ورعوده متقعقعة..»[6].

٩ ـ بجانب ما أعطي الرعد من أسماء أخرى دالة على صفاته؛ مثل: **الهزيم**، وهو صوت الرعد شديده وضعيفه. **والرنين**؛ فالمقصود من أرنت السماء إرناناً هو صوت الرعد. والإرنانُ، أن لا ينقطع[7].

---

(١) ـ المرزوقي؛ ج ٢، ص ١٧١.

(٢) ـ لسان العرب؛ ج ٢، ص ١٧١.

(٣) ـ ابن دريد الأزدي؛ مصدر سابق، ص ٢٧.

(٤) ـ المرزوقي؛ ج ٢ ، ص ١٤٠.

(٥) ـ لسان العرب؛ ج ١١، ص ١٩١.

(٦) ـ ابن دريد الأزدي؛ مصدر سابق، ص ٢٢.

(٧) ـ أبو هلال العسكري؛ كتاب التلخيص في معرفة أشياء الأسماء، ج ٤٣٨/١.

وقد وضع (الثعالبي) ترتيباً لصوت الرعد على القياس والتقريب، كالآتي[1]:

تقول العرب: رعدت السماء.

فإذا زاد صوتها، قيل: ارتجست.

فإذا زاد، قيل: أرزمت ودوّت.

فإذا زاد واشتد، قيل: تقصفت وقعقعت.

فإذا بلغ النهاية، قيل جلجلت وهدهدت.

غير أن البعض - كما ذكرنا سابقاً - يضع القاصف في أعلى درجات شدة صوت الرعد، وليس المجلجل.

٨ - ٢ - أنواع البرق:

جاء في (لسان العرب) أن البرق يعرف باسم السلنقع. واسلنقع البرق؛ أي استطار في السحاب[2]. ولقد عرفت أنواع من البرق، لكل نوع تسمية مميزة، وما يزال بعضها مستخدماً حتى الآن. ومن تلك الأنواع:

١ - **البرق الخلب**: هو البرق الذي لا غيث فيه كأنه خادع، يومض حتى تطمع بمطره ثم يخلفك[3]. وفي ذلك قال الشاعر:

لا يكن برقك برقاً خلباً   إن خير البرق ما الغيث معه

٢ - **البرق المتسلسل**: هو البرق الذي يتسلسل في أعاليه ولا

---

(١) - الثعالبي؛ فقه اللغة وسر العربية، ص ٢٥٦.

(٢) - لسان العرب؛ ج ١٠، ص ٢٦.

(٣) - لسان العرب؛ ج ١، ص ٣٥١.

يكاد يخلف. بمعنى؛ أنه برق مترافق بهطول مطري أو غيره. وسلسلة البرق، ما استطال منه في عريض السماء[1].

٣ ـ **البرق الخفو**: هو البرق الخفيف الضعيف الذي يمتد معترضاً في نواحي السحاب.

قال أبو عبيد: الخَفْوُ: اعتراض البرق في نواحي السماء. وفي الحديث؛ أنه سأل عن البرق فقال أخفوا أم وميضاً. وخفا البرق، إذا أبرق برقاً ضعيفاً[2]. وهكذا يمكن القول، أن الخفو هو أضعف ما يكون من البرق.

٤ ـ **البرق الوميض**: قال ابن الأعرابي: الوميض؛ أن يومض البرق إيماضة خفيفة، ثم يخفَى ثم يومض، وليس في هذا يأس من مطر. والوميض بمعنى آخر؛ هو البرق الذي يلمع قليلاً ثم يسكن وليس له اعتراض[3]. والبرق الوامض؛ هو البرق الوميض. ويقال: ومض البرق وأومض، إذا لمع كالتَّبسُّم[4].

قال امرؤ القيس:

أصاح ترى برقاً أريك وميضه   كلمع اليدين في حبي مكلل

٥ ـ **العُقق**: البرق إذ رأيته في وسط السحاب: كأنه سيف مسلول. فإذا شق البرق السحاب واستطال في الجو إلى السماء من غير أن يأخذ يميناً ولا شمالاً فهو العقيقة (جمعها العقق أو العقائق). وهو ما يطلق

---

(١) ـ لسان العرب؛ ج ١٣، ص ٣٦٧.

(٢) ـ لسان العرب؛ ج ١٨، ص ٢٥٩ ـ ٢٦٠.

(٣) ـ لسان العرب؛ ج ١٨، ص ٢٦٠ ـ ٢٥٩.

(٤) ـ ابن دريد الأزدي؛ مصدر سابق، ص ٤٤.

عليه أيضاً البرق الشق[1]، أو البرق السهمي.

٦ ـ **البرق الولاف:** هو الذي يبرق برقتين متواليتين، وهو لا يكاد يخلف أي مصحوب بهطول. أو بمعنى آخر؛ هو الذي يخطف خطفتين في واحدة، أو يلمع مرتين مرتين[2].

٧ ـ **البرق الالآق:** وهو مثل البرق الخلب الذي لا مطر معه[3].

٨ ـ **سنا البرق:** قال أبو زيد: سنا البرق ضوءه من غير أن ترى البرق أو ترى مخرجه في موضعه. وإنما يكون السنا بالليل دون النهار، وربما كان بغير سحاب. وضوء البرق مثل سناه[4]. وجاء في التنزيل العزيز ﴿يكاد سنا برقه يذهب بالأبصار﴾[5].

ويقال: تألق البرق تألقاً، وتشقق تشققاً، وهو اتساعه في السحاب. وتلألأ تلألؤاً، وهو تتابعه. ومصع يمصع مصعاً، وهو تقاربه، وعرص يعرص عرصاً، إذا دام لا يفتر[6].

ومما ذكره (الثعالبي) في ترتيب البرق، ما يلي[7]:

إذا برق البرق كأنه يبتسم، وذلك بقدر ما يريك سواد السحاب من بياضه، قيل: انكَلَّ انكلالاً.

---

(١) ـ المصدر السابق نفسه؛ ص ٦.

(٢) ـ ابن دريد الأزدي؛ المصدر السابق، ص ٢٥.

(٣) ـ لسان العرب؛ ج ١١، ص ٢٩٥.

(٤) ـ المرزوقي؛ ج ٢، ص ١٠٥.

(٥) ـ النور/ ٤٣.

(٦) ـ أبو هلال العسكري؛ مصدر سابق، ج ١/ ٤٣٦.

(٧) ـ الثعالبي؛ مصدر سابق، ص ٢٥٦ ـ ٢٥٧.

فإذا بدا من السماء برق يسير، قيل: أوشمت السماء، ومنه قيل: أوشم النبت إذا أبصرت أوله.

فإذا برق برقاً ضعيفاً، قيل: خفى يخفى.

فإذا لمع لمع خفيفاً، قيل: لمح، وأومض.

فإذا تشقق، قيل: انعقَّ انعقاقاً.

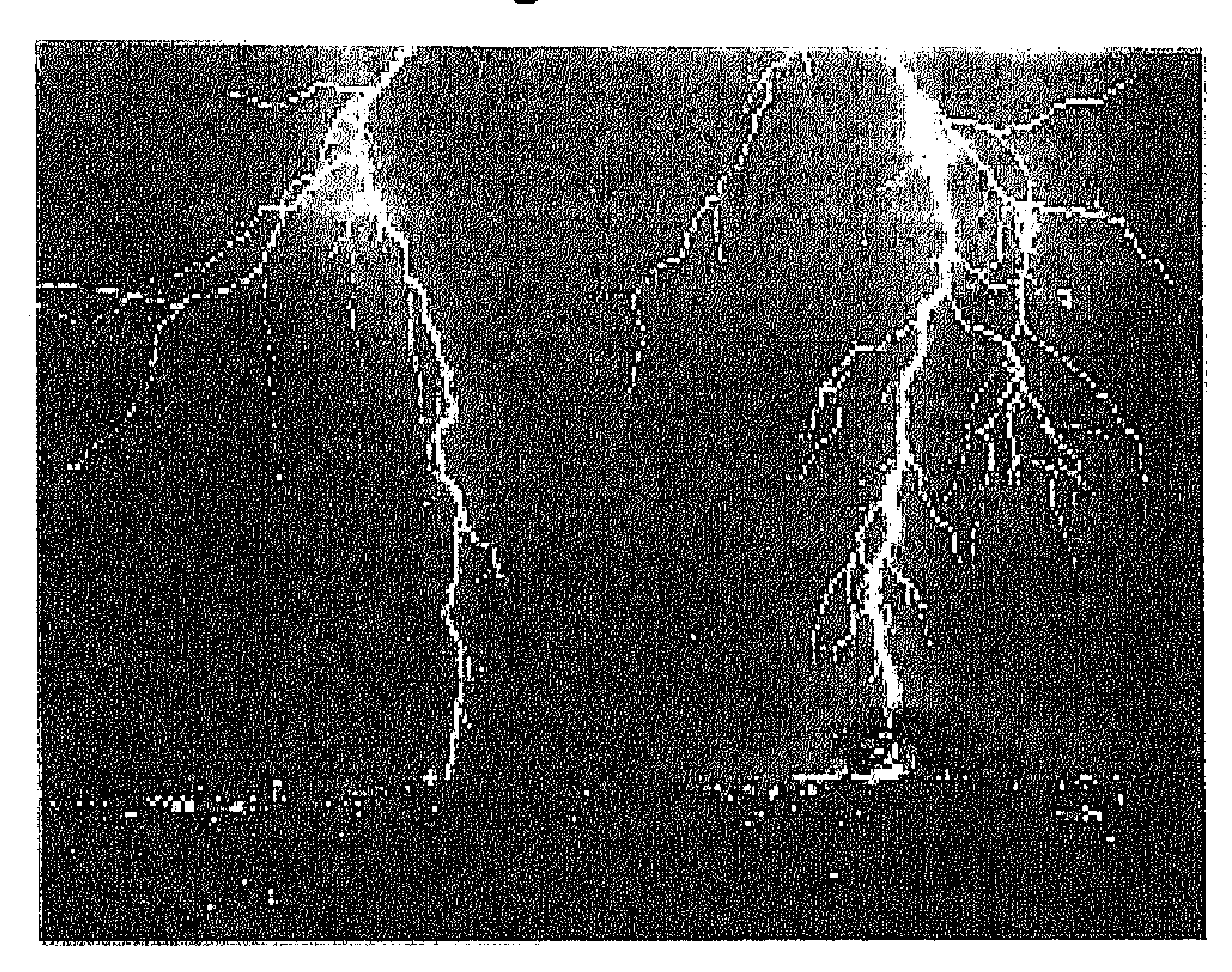
فإذا ملأ السماء وتكشف واضطراب، قيل: تبوَّج.

فإذا كثر وتتابع، قيل: ارتعج.

فإذا لمع وأطمع ثم عدل، قيل له: خُلَّبٌ.

وانطلاقاً من الخصائص الأساسية المميزة لوميض البرق، ميز البعض عدة أنواع، منه ـ شكل (٢٧) ـ :

١ . البرق المتفرع (Forked Lightning)؛ وهو يطلق عملياً على الومضة الأرض - سحابية، ذات الفروع العديدة.



شكل (٢٧) نماذج من أنواع البرق

٢ ـ **البرق السُبحي (Broken Lightning)**؛ والذي يُظهر أجزاء القناة التي يستمر وميضها لمدة أطول على شكل سبحة مضيئة ولذا يطلق عليه تسمية البرق الخرزي.

٣ ـ **البرق الحراري (Heat Lightning)**؛ ويشير إلى الومضات الحمراء البعيدة للعاصفة الرعدية التي لا يسمع خلالها للرعد صوتاً، وتكون الومضات حمراء للسبب نفسه الذي يجعل الشمس الغاربة تبدو حمراء.

٤ ـ **البرق الصفائحي (Sheet Lightning)**؛ الذي يدل على المظهر المضيء للسحابة في حالة الومض داخل السحابي. ولا يمكن رؤية القناة. فالسحابة المضاءة من الداخل تشبه رقعة بيضاء.

٥ ـ **البرق الشريطي (Ribbon Lightning)**؛ ويبدو بشكل خطوط وأشرطة• ويحدث عندما توجد رياح قوية تسحب البرق مع اتجاه الرياح وتحمله إلى الأسفل بسرعة[١].

٦ ـ **البرق الكروي**؛ وقد أتينا على ذكره سابقاً.

٧ ـ **البرق الجاف (Dry Lightning)**؛ وهي تسمية شائعة تشير إلى سحب العواصف الرعدية التي تهطالها لا يصل إلى سطح الأرض.

٨ ـ ٣ ـ أنواع الصاعقة:

الصاعقة في اللغة؛ هي الوقع الشديد من صوت الرعد يسقط معه قطعة من نار وصوت العذاب أيضاً[٢]. وقد جاء ذكر الصاعقة بصوت

---

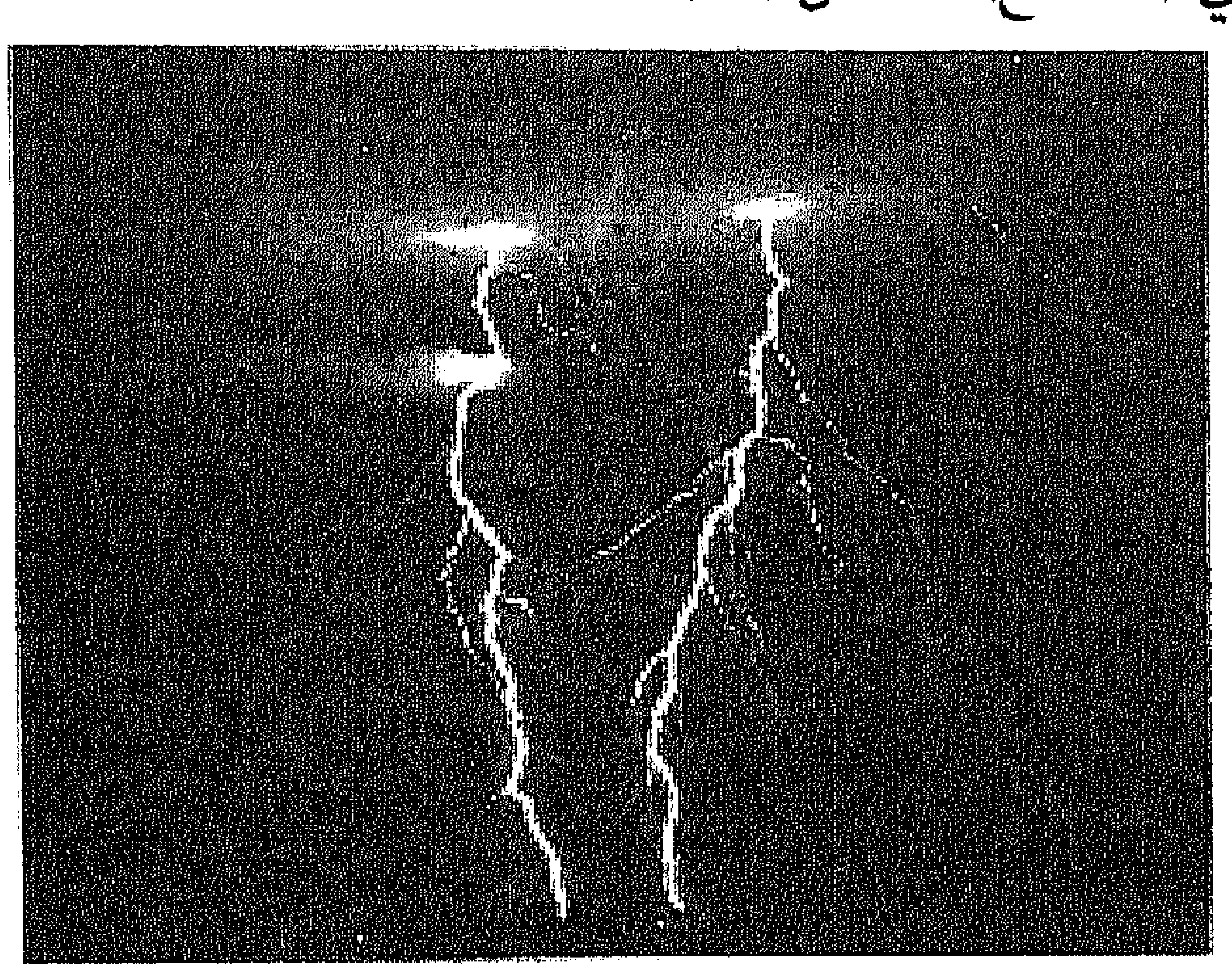
(١) ـ علي غانم؛ الجغرافية المناخية، ص ٢٣٠.

(٢) ـ المرزوقي؛ ج ٢/ ١٠٧.

العذاب عدة مرات في القرآن الكريم. ويقال للبرق إذا أحرق إنساناً أصابته صاعقة، وهذا معناه، أن الصاعقة ما هي إلا نار برق تضرب الأرض. قال أبو زيد: الصاعقة نار تسقط من السماء في رعد شديد[1]. وهذا صحيح.

ومن الصواعق ما يكون شديداً، ومنها ما يكون ضعيفاً، وبعضها يكون متوسط الشدة. وليس هناك من تمييز استخدمه العرب في ذلك أكثر بلاغة من التمييز الذي استخدمه (ابن سينا) كما أشرنا إليه سابقاً.

والأشكال التي تبديها الصاعقة وهي في طريقها لضرب الأرض، هي أشكال البرق؛ فمنها الصفيحي، ومنها المتشعب، والشريطي، والخرزي (المتقطع). شكل (٢٨).



شكل (٢٨) نماذج من الصاعقة

(١) ـ لسان العرب؛ ج ١٢/ ٦٩.

الفصل التاسع

الطقس السطحي المصاحب للعواصف الرعدية

٩ . ١ . الجبهة النوئية

٩ . ٢ . الرياح السطحية

٩ . ٣ . الضغط الجوي

٩ . ٤ . درجة الحرارة

٩ . ٥ . هطول المطر

٩ . ٦ . هطول البَرَد

ليست سحب العواصف الرعدية كلها بالدرجة نفسها من القوة والعنف والفاعلية، فحوالي نصفها متوسط الفاعلية وضعيفها، والنصف الآخر هو ما يوصف بالعنف لما يتولد عنها من ظواهر ومظاهر مرعبة ومخيفة.

وتكون العاصفة الرعدية عنيفة (Severe ThunderStorm) إذا ما أنتجت هبات ريحية نفحية تجاوزت سرعتها (٩٠ كم/ ساعة)، ونتج عنها هطول بَرَد تجاوزت أقطار حباته (٢سم)، وأعطت مطراً بغزارة شديدة تزيد عن (٥٠ مم) في الساعة، أو ما لا يقل عن (٧٥ مم) في ثلاث ساعات فأقل.

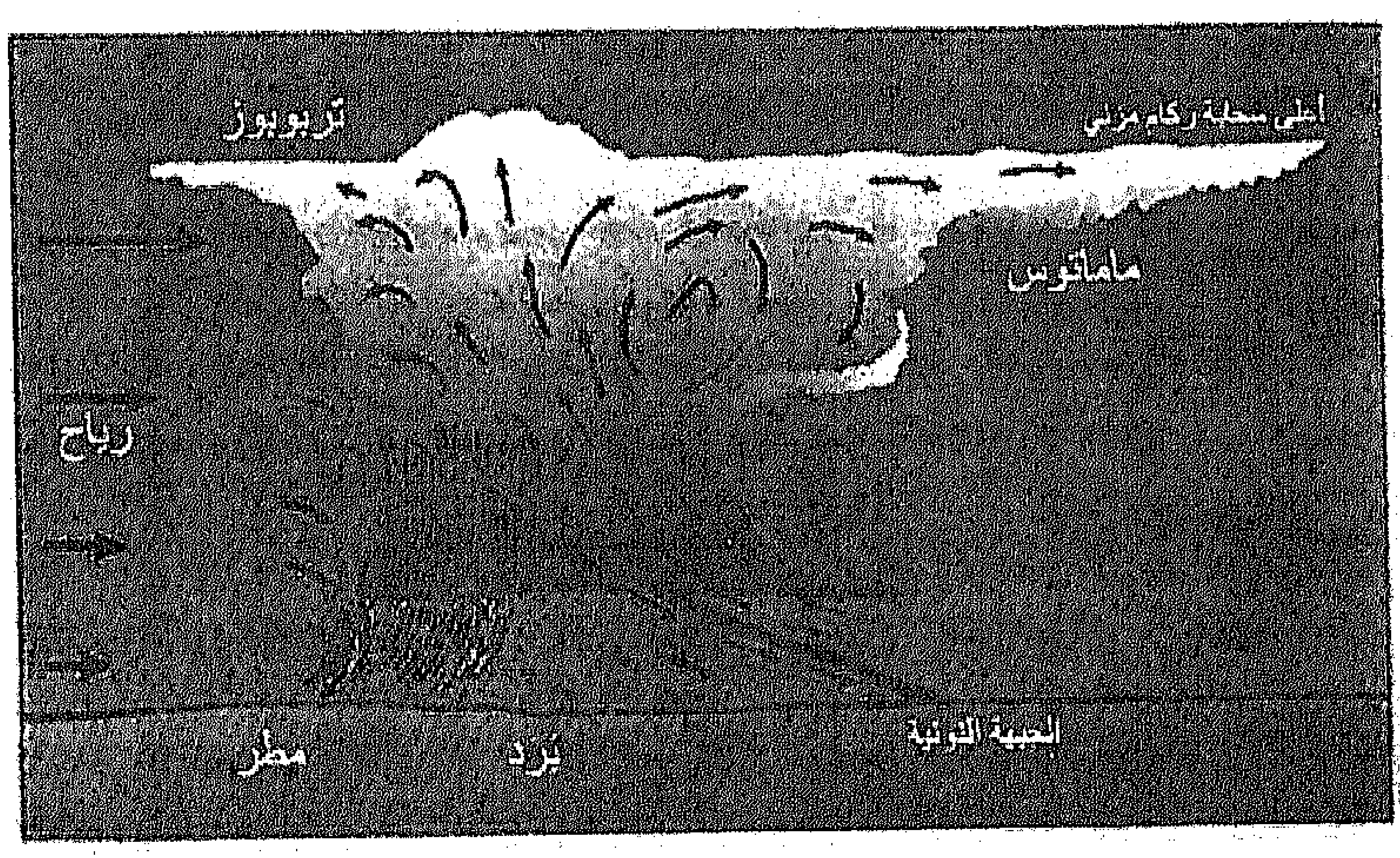
وعند مرور عاصفة رعدية؛ تحدث جملة تغيرات فجائية في الأحوال الجوية، خاصة عندما تكون العاصفة في مرحلة النضج، وفيما يلي عرض لأهم تلك التغيرات:

٩ . ١ . الجبهة النوئية (Gust Front):

بالنظر إلى الشكل (٢٩) تبدو التيارات الهابطة الجانبية تنتشر أفقياً بعد أن تضرب سطح الأرض. ويعرف الحد الفاصل بين التيارات الهابطة الباردة والهواء السطحي الحار بالجبهة النوئية أو الجبهة النفحية. وبالنسبة للراصد على سطح الأرض، فإن مرور الجبهة النوئية يشبه مرور الجبهة الباردة من المنخفض الجوي الجبهي. وفي أثناء مرورها، ستتغير وجهة الرياح وشدتها، لتصبح قوية وعاصفية،

وبسرعة قد تزيد عن (٢٥)م/ثا. كما أن درجة الحرارة تهبط بحدة من جراء الهواء البارد الثقيل الهابط، الذي يقود أيضاً إلى ارتفاع سريع في الضغط الجوي لبضعة مليبارات أحياناً مولداً منطقة صغيرة من الضغط المرتفع تدعى بالضغط المرتفع المحلي (Mesohigh). كما يمكن للهواء البارد أن يبقى مخيماً فوق سطح الأرض لعدة ساعات، حتى بعد توقف نشاط العاصفة الرعدية.

وعلى طول مقدمة الهواء البارد (Leading Edge) في الجبهة النوئية، يكون الهواء مضطرباً، ويمكن للرياح القوية أن تثير الأتربة وترفعها للأعلى بصورة زوبعة ترابية دوامية. أما الهواء الحار الرطب على طول الحافة الأمامية (Forward) من الجبهة النوئية، فيرتفع مشكلاً سحابة منضدية (Shelf Cloud) هي ما تدى بالسحابة القوسية (Arcus Cloud). ومثل تلك السحب تظهر بشكل خاص عندما يكون الهواء مستقراً جداً بالقرب من قاعدة العاصفة الرعدية.



شكل (٢٩) الجبهة النوئية في عاصفة رعدية

كما تظهر أحياناً سحباً متطاولة نذيرة سوء خلف الجبهة النوئية، وتبدو تلك السحب بشكل مغزلي متحركة ببطء حول محور أفقي، وتدعى بالسحب الدوارة (Roll Clouds) التي ما يزال الإبهام يحيط آلية تشكلها. وفي بعض الأحيان، فإن الهواء البارد الأمامي على طول الجبهة النوئية يمارس قوة رفع للهواء الحار الرطب إلى الأعلى، مسهماً ذلك في تشكل عاصفة رعدية جديدة [1].

وتحت العاصفة الرعدية، فإن تيار الهواء الهابط يكون محلياً، ويضرب سطح الأرض، ومن ثم ينتشر أفقياً في اندفاع ريحي شعاعي، يشبه انسكاب الماء من صنبور الماء وانتشاره باصطدامه بالمسطح الذي دونه. وتعرف التيارات الهابطة بالاندفاعات السفلية (downbursts). وهذه الاندفاعات السفلية التي تولد رياحاً سطحية تمتد لنحو (٤) كم أو أقل تدعى بالاندفاعات الأصغرية (Microburst). وعلى الرغم من حجمها الصغير، إلا أنها تكون من العنف، بحيث تولد رياحاً مدمرة تصل سرعتها إلى نحو (٧٥ م/ثا). وإذا ما كانت الاندفاعات السفلية أكبر مما سبق، وأنتجت رياحاً سطحية امتدت لأكثر من أربعة كيلومترات، فتدعى عندئذ بالاندفاعات الكبرى (Macroburst)[2].

وببلوغ الاندفاع الأصغري للهواء الهابط البارد إلى سطح الأرض واستمرار تدفقه، تتشكل عندئذ الجبهة النوئية، التي هي من نتاج ذاك الاندفاع. ولعنف وقوة الهواء الهابط، والرياح العاصفية والإعصارية المتولدة عنه، فإن الأضرار التي يحدثها على المنشآت الأرضية الحيوية

---

(1) - Ahrens, C.D; Meteorology Today,p.397-398.
(2) - Ibid,p.398.

وغير الحيوية كبيرة، من اقتلاع أشجار وتحطيم بيوت وسيارات وطائرات.. الخ.

٩ . ٢ . الرياح السطحية:

عند وصول العاصفة الأرض، فإن تيارات الهواء الباردة الهابطة (Downdraft) تصطدم بالأرض وتنتشر عموماً في كافة الاتجاهات، وبسرعة أكبر في اتجاه وجهة حركة العاصفة الرعدية، إذ قد تصل سرعة الرياح إلى (٢٥م /ثا) أو أكثر، بما يكافئ (٩٠ كم/ سا) أو أكثر، بل سجلت سرعة رياح تجاوزت (١٣٠ كم/ ساعة) وأحياناً تجاوزت (٢٠٠ كم/ ساعة).

فالهبات الريحية النفحية الشديدة (gustiness) عند سطح الأرض الأكثر خطورة، هي ما تحدث في الأجزاء الأولى المتقدمة من خطوط العواصف، التي تتصف بعنفها الشديد· ويعود سبب هذا العنف إلى تواصل عدة عواصف رعدية مع بعضها على طول خط العواصف، مما يجعل تياراتها الهابطة تتوالى وتحدث بآن واحد. وهذا الهواء البارد المندفع بسرعة عالية وهو يبلغ سطح الأرض يترك آثاراً بالغة على المباني، والطائرات في المطارات، وبخاصة عند الإقلاع والهبوط للقص الريحي الشاقولي في الألف متر الأولى - أو أقل - من سطح الأرض، بجانب آثارها الكبيرة على الحاصلات الزراعية.

ولقد شهدت مدينة جيزان في السعودية في أول آب من عام (١٩٩١م) عاصفة رعدية صاحبتها رياح وصلت سرعتها إلى نحو (٥٠ م/ ثا = ٢١٠ كم/ ساعة). وكذلك ما تعرضت إليه جنوب مدينة جدة في

(٩) أيلول عام (١٩٩٧م)، حيث بلغت سرعة الرياح التي نتجت عن التيارات الهابطة لعاصفة رعدية نحو (٣٥ م/ثا)· ومثل هذه الرياح كفيلة باقتلاع الأشجار وتحطيم المنازل غير المحصنة، وكسر أعمدة الكهرباء... إلخ.

ففي شهر تموز عام (١٩٨٢م) حدث اندفاع هوائي شديد في مطار مويسانت (Moisant) الدولي بولاية أورليانز الأمريكية من عاصفة رعدية، مؤدياً إلى هبوط سريع لطائرة بوينغ (٧٢٧) وسقوطها على الأرض بعد إقلاعها، وتحطمها ومقتل كل من كان فيها وعددهم (١٤٥) شخصاً.

وفي شهر آب عام (١٩٨٥م) فإن القص الريحي الشاقولي الذي ترافق مع عاصفة رعدية، تسبب في تحطم طائرة جامبو شمال مطار فورت وورث ـ دالاس الأمريكي، ومقتل أكثر من (١٠٠) راكب(١).

٩ ـ ٣ ـ الضغط الجوي:

عند بداية تشكل العاصفة الرعدية، فإن الضغط الجوي يميل إلى الانخفاض نتيجة سيطرة التيارات الصاعدة فقط، وما أن تبلغ العاصفة مرحلة النضج، وتنشط تيارات الهبوط والصعود في آن واحد؛ حتى تظهر التغيرات السريعة في الضغط الجوي، فمع كل تيار هابط يحدث ارتفاع في الضغط، ومع كل تيار صاعد يحدث انخفاض في الضغط؛ مع بقاء الضغط بشكل عام منخفضاً عند مرور العاصفة.

---

(1) - Arhens, C.D; Op.Cit,p.400.

٩ . ٤ . درجة الحرارة:

مع مرور العاصفة الرعدية تميل درجة الحرارة نحو الانخفاض من جراء الهواء البارد الهابط الذي ينتشر عند اصطدامه بالأرض، إذ تنخفض درجة الحرارة بشكل مفاجئ بحدود (١٠ْم) مخففة من شدة الحرارة، والتي يرافقها بالتالي ارتفاع سريع في الضغط، سرعان ما يتحول إلى انخفاض شديد في الضغط هو الغالب لنشاط حركات الصعود الهوائية المشكلة للعواصف الرعدية.

٩ . ٥ . هطول الأمطار:

إن سحب العواصف الرعدية؛ هي سحب الركام المزني التي تُرافق بهطول غزير جداً من الأمطار، غير أنه نادراً ما تدوم فترة التهطال المطري الشديد الغزارة أكثر من نصف ساعة في العاصفة الرعدية الواحدة. إلا أنه يهطل في هذه الفترة القصيرة حوالي (١ ـ ٥ سم)، مترتباً عليها حدوث فيضانات خطيرة كما حدث ذلك في بلجيكا عندما مرّت عاصفة رعدية عنيفة فوق شرقي البلاد يوم (٦) تموز عام (١٩٨٥م) أدت إلى هطول (٥,١ سم) مطر خلال ربع ساعة (١٥ دقيقة). وفي (٢٦) آب عام (١٩٨٣م) هطل (١٠سم) مطر في أربع ساعات في بالبوا (إسبانيا الشمالية) من جراء العواصف الرعدية المتواصلة؛ بحيث وصلت كمية التهطال إلى (٣٦,٦سم) خلال يومي (٢٦ ـ ٢٧ آب)، مما ترتب على ذلك حدوث فيضانات ضخمة، حيث فاضت مياه نهر نيرفين (Nervian)، وكان محصلة ذلك كله خسائر في الممتلكات قُدرت بحوالي (٣٠ مليون) دولار أمريكي، وموت (٥٠

شخصاً)· ويعدّ التهطال المطري الغزير الذي شهدته إيرلندا الشمالية في (٢٥/٢٦) تموز عام (١٩٨٥م) من جراء عدة عواصف رعدية عنيفة؛ حدثاً لم تشهد مثله منذ (٦٠٠) سنة سابقة. وفي فرنسا حدثت عاصفة رعدية شديدة فوق باريس يوم (٢٢) حزيران من عام (١٩٨٢م) نجم عنها هطول (٣,٣ سم) مطر خلال (٤٥ دقيقة).

ولقد شهدت مدينتا مكة المكرمة وجدة السعوديتين أمطاراً غزيرة في صباح يوم (٢٩/١٠/٢٠٠٦م)، أحدثتها عواصف رعدية عنيفة، حيث بلغت كمية الأمطار في أقل من ساعة (٧,٥ ـ ٨,٥) نحو (٢٠) مم في مكة ولتصل إلى نحو (٢٥) مم في جدة فيما بين الساعة الخامسة وحتى الساعة السابعة والنصف صباحاً. وارتفعت مياه السيول والفيضانات في الشوارع إلى قرابة النصف متر، ناتجاً عن ذلك خسائر مادية كبيرة، ومقتل ثلاثة أشخاص، اثنان منهم بفعل صاعقة.

وفي خلال أقل من ساعتين (١٣ ـ ١٥) من بعد ظهر يوم السبت (١٢ أيلول عام (٢٠٠٧ م) أحدثت عاصفة رعدية فوق مدينة حماه هطولاً مطرياً جاوز (١٠٠) مم. وفي اليوم نفسه (الساعة ١٥ ـ ١٧) هطل من عاصفة رعدية نحو (٣٦٠) مم من الأمطار الانهمارية في قرية العالية شرقي عقيربات في محافظة حماه. ناتجاً عن الحالتين سيول وفيضانات ضخمة.

وتعد الأعاصير المدارية بسحبها الركامية المزنية (سحب العواصف الرعدية)، الأكثر إدراراً للأمطار الانهمارية التي تحدث السيول والفيضانات المدمرة، لتجاوز كمية الأمطار التي تسببها (٥٠٠ مم) في اليوم الواحد في بعض الأعاصير.

وما الجبهات الباردة في المنخفضات الجوية الجبهية سوى الأماكن الملائمة جداً لتشكل العواصف الرعدية، والأمطار الانهمارية المرافقة لها، وسقوط البرد. لذلك لا غرابة إن كثرت العواصف الرعدية في نصف السنة الشتوي في العروض الوسطى، وتركزت فيه الهطولات المطرية الغزيرة. وإن كان فصل الصيف في العروض المعتدلة الباردة (٤٠ ـ ٥٥ شمالاً وجنوباً) تحدث فيه العواصف الرعدية الحملانية، والأمطار الانهمارية السيلية.

ومما تتصف به الهطولات المطرية الناتجة عن العاصفة الرعدية غزارتها الشديدة، التي ينجم عنها مابات يعرف باسم الفيضانات الوميضية (**Flash Floods**)، حيث يمكن أن يهطل في ساعة واحدة كمية من الأمطار تزيد عن (٥٠ مم).

وفي الساعة الثانية من بعد ظهر يوم (١٤) أيلول عام(٢٠٠٨)، تشكلت عاصفة رعدية بقعية عنيفة إلى الشمال من قرية الكافات (محافظة حماه)، بنحو (٣٠٠م) إلى الجنوب من تل السمعليل، بقطر لها نحو (٢كم)، متحركة شمالاً شرقاً لتضعف قوتها وتخمد عند بلوغها المقدمات الجنوبية الغربية لجبل التعبانة قريباً من قرية الشحلة (مسافة نحو ٣ كم من بدايتها). وقد سبق العاصفة الرعدية بدقائق قليلة هبوب رياح نفحية عالية السرعة وصلت سرعتها إلى نحو (٣٠ م/ثا). كما أغدقت العاصفة الرعدية كميات كبيرة من الأمطار خلال نحو نصف ساعة (الساعة ١٤ وخمس دقائق ـ الساعة ١٤ وخمس وثلاثون دقيقة)، بلغت في قرية الكافات (١٨مم)، وإلى الشمال منها في مركز محور العاصفة الرعدية نحو (٣٥مم)، متسببة

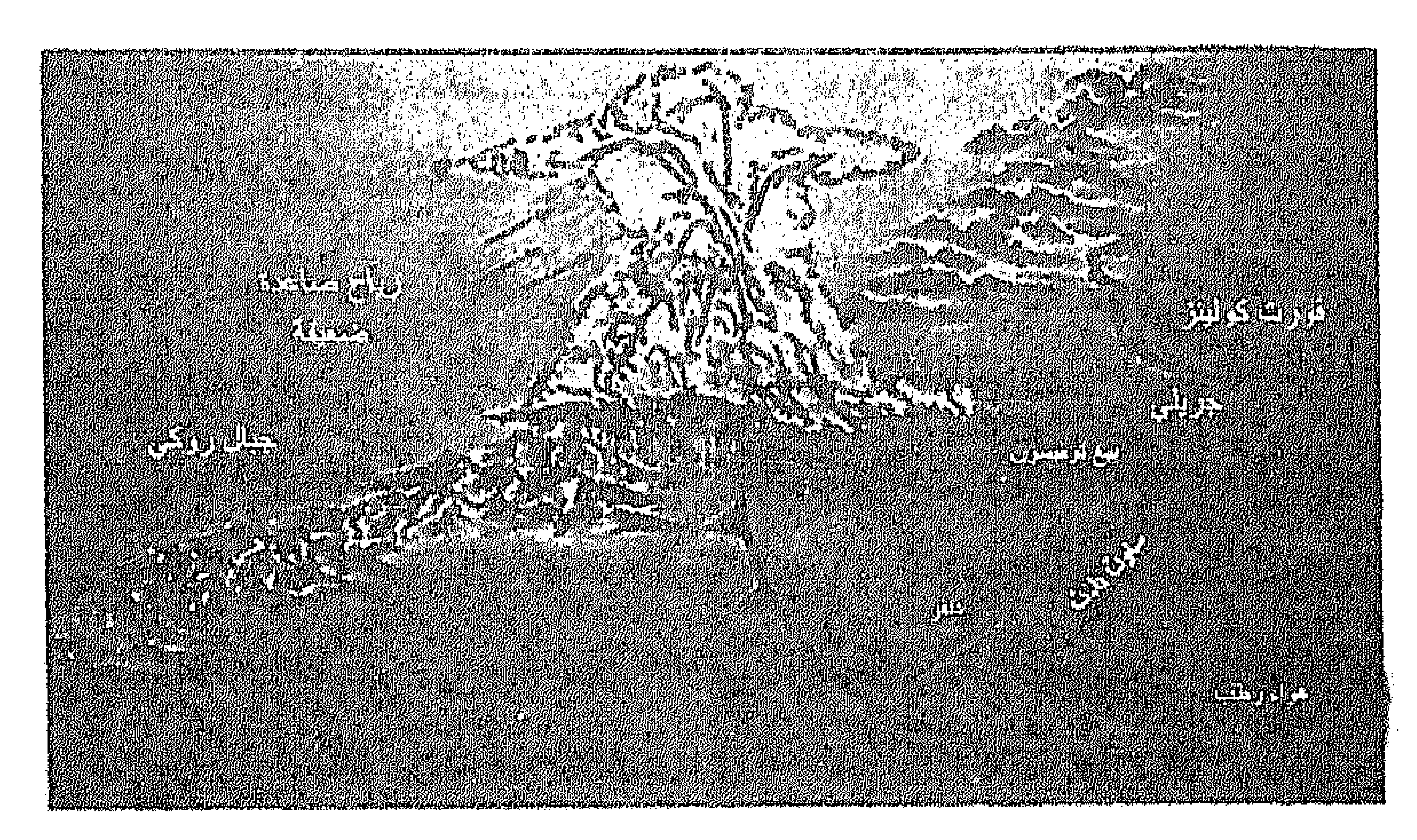
في إحداث السيول والفيضانات، دون حدوث خسائر تذكر، حيث اقتصرت آثارها في تكسر بعض فروع الأشجار وتداعي السقوف الصفحية في بعض البيوت والمنشآت بسبب الرياح العاصفة، وانجرافات ملحوظة في التربة بفعل السيول.

وفيما بين الساعة السادسة والنصف والعاشرة والنصف بالتوقيت المحلي من بعد ظهر يوم (٣١) تموز عام (١٩٧٦م)، أفرغت العواصف الرعدية (٣٠,٥ سم) من الأمطار الانهمارية (الوميضية) فوق منطقة نهر بيغ تومبسون (**Big Thompson River**) على الجانب الشرقي من الجبال الصخرية الكولورادية في الولايات المتحدة - شكل (٣٠) -، وما هطل من أمطار في ساعة واحدة فقط بلغ (١٩) سم. وكان في منطقة الوادي في ذاك المساء نحو (٢٠٠) شخصاً، لاقى حتفه منهم (١٣٥) شخصاً، وتجاوزت الخسائر المادية التي أحدثتها السيول والفيضانات ما قيمته (٣٥,٥) مليون دولار[1].

وفي يوم (٩) حزيران من عام (١٩٧٢) أحدثت الفيضانات الومضية التي أنتجتها عواصف رعدية عنيفة، تدميراً كبيراً في مدينة رابيد(**Rapid**) بولاية داكوتا الشمالية، حيث ذهب ضحيتها (٤٥) شخصاً، وتضرر ودمر نحو (٤٥) ألف منزلاً ، واضطر نحو (٧٤) ألف شخصاً إلى إخلاء منازلهم[2].

---

(1) - Ahrens, C.D; Op.Cit,p. 403.
(2) - Ibid;p.404.



شكل (٣٠) الأحوال الجوية التي قادت إلى تطور عاصفة رعدية عنيفة فوق وادي بيغ تومبسون في منطقة الجبال الصخرية الكولورادية. والأسهم ضمن العاصفة تمثل الحركات الهوائية

٩ . ٦ . هطول البَرَد (Hail):

إذا كانت سحب الركام المزني هي سحب العواصف الرعدية، التي تدرُّ أغزر الهطولات المطرية، فهي بالتحديد أيضاً سحب البَرَد. لكونها تتيح الفرصة عبر آلية الهبوط والصعود المتكرر بداخلها لحبات البَرَد الأولية (نشاط التيارات الهابطة والصاعدة) في النمو والكبر، ومن ثم السقوط، بحيث يتجاوز قطر حبات البَرَد (١٠ سم)، في العديد من سحب العواصف الرعدية،

وفي (٢٨) تموز عام (١٩٨١م) فإن عاصفة رعدية بَرَدية واحدة استمرت نحو (١٥) دقيقة سقط البَرَد منها فوق مدينة كالجاري الكندية، ملحقة خسائر مادية تجاوزت (١٠٠) مليون دولار. ولقد نجم

عن سحب العواصف الرعدية العنيفة فوق مدينة برسبين الاسترالية في (١٨) كانون الثاني من عام (١٩٨٥م) هطول حبات كبيرة من البَرَد ورياح عاصفة، قدرت الأضرار التي نجمت عن ذلك بحدود (٦٦ مليون) دولار أمريكي. وفي يوم (٢٨) تشرين الأول من عام (١٩٨٢م) حدثت عاصفة رعدية عنيفة فوق بلدة الخفاجة على ساحل الخليج العربي في السعودية؛ نجم عنها سقوط حبات من البَرَد بلغ حجم الواحدة منها بحدود حجم فنجان الشاي، واستمر سقوطها لمدة نصف ساعة، كما استمر هطول الأمطار الغزيرة لأربع ساعات، وقد تصدّع من تلك العاصفة العديد من المنازل والمنشآت الأخرى، وتخرب العديد من السيارات، وقتل حوالي (١١) شخصاً، وأصيب (٥٠) شخصاً آخرون بأذى. وقد قُدِّرت الأضرار التي سببتها العواصف الرعدية في يوم (٢٥) تموز عام (١٩٨٢م) من خلال البَرَد الساقط والمطر الغزير والفيضانات في إقليمي (السار) و(بادن فورتمبرغ) في ألمانيا الاتحادية؛ بحدود (٢٥ مليون) دولار أمريكي.

وفي يوم (١٤) نيسان عام (١٩٩٩م) تعرض الساحل الشرقي لاسترالية إلى عواصف رعدية شديدة ونادرة، تشكلت بعد ظهر ذاك اليوم، واستمرت نحو خمس ساعات ونصف، ووصل قطر حبات البَرَد إلى (١٣ سم) وهو ما لم تشهده سابقاً استرالية، محدثة عاصفة البَرَد المرافقة للعواصف الرعدية أضراراً كبيرة في الممتلكات، حيث تحطم أكثر من (٦٣٠٠٠) سيارة، ونحو (٢٥) طائرة في مطار سدني، وأكثر من (٢٢٠٠٠) منزل، وقتل شخص بالصاعقة. وبلغ إجمالي الأضرار نحو (٢,٣) بليون دولار.

وفي يومي (٤ ـ ٢٠٠٧/١٠/٥م) نجم عن العواصف الرعدية في الجزائر العاصمة وضواحيها، وخاصة الجنوبية الغربية سقوط برد غزير وبأحجام كبيرة، فاق وزن بعض الحبات (٤٠٠) غرام، محدثاً أضراراً كبيراً في الممتلكات (سيارات، منازل قصدير... إلخ)، وإصابة عدد من الأشخاص الذين كانوا خارج منازلهم.

ولقد أسفرت العاصفة الرعدية المحلية الحرارية التي ضربت مزرعة مركز القطن (Cotton Center) في ولاية تكساس الأمريكية، مساء يوم (٢٠٠٧/٩/٢٧م)، عن سقوط حبات من البرد بأحجام كبيرة فاق وزن بعضها (٠,٥) كغ، متسببة في تدمير نحو (٣٠٠) هكتار من محصولي القطن والذرة.

الفصل العاشر

التوزع المكاني للعواصف الرعدية

١٠ . ١ . تكرار العواصف الرعدية في العالم

١٠ . ٢ . خطوط العواصف الرعدية

١٠ . ١ . تكرار العواصف الرعدية:

تشير التقارير إلى أنه:

١ . في كل ثانية يومض البرق مائة ومضة في العالم.

٢ . في كل يوم يومض البرق نحو (٨,٦) مليون ومضة.

٣ . يبلغ المتوسط السنوي لعدد ومضات البرق في العالم نحو (٣,١٤) بليون ومضة.

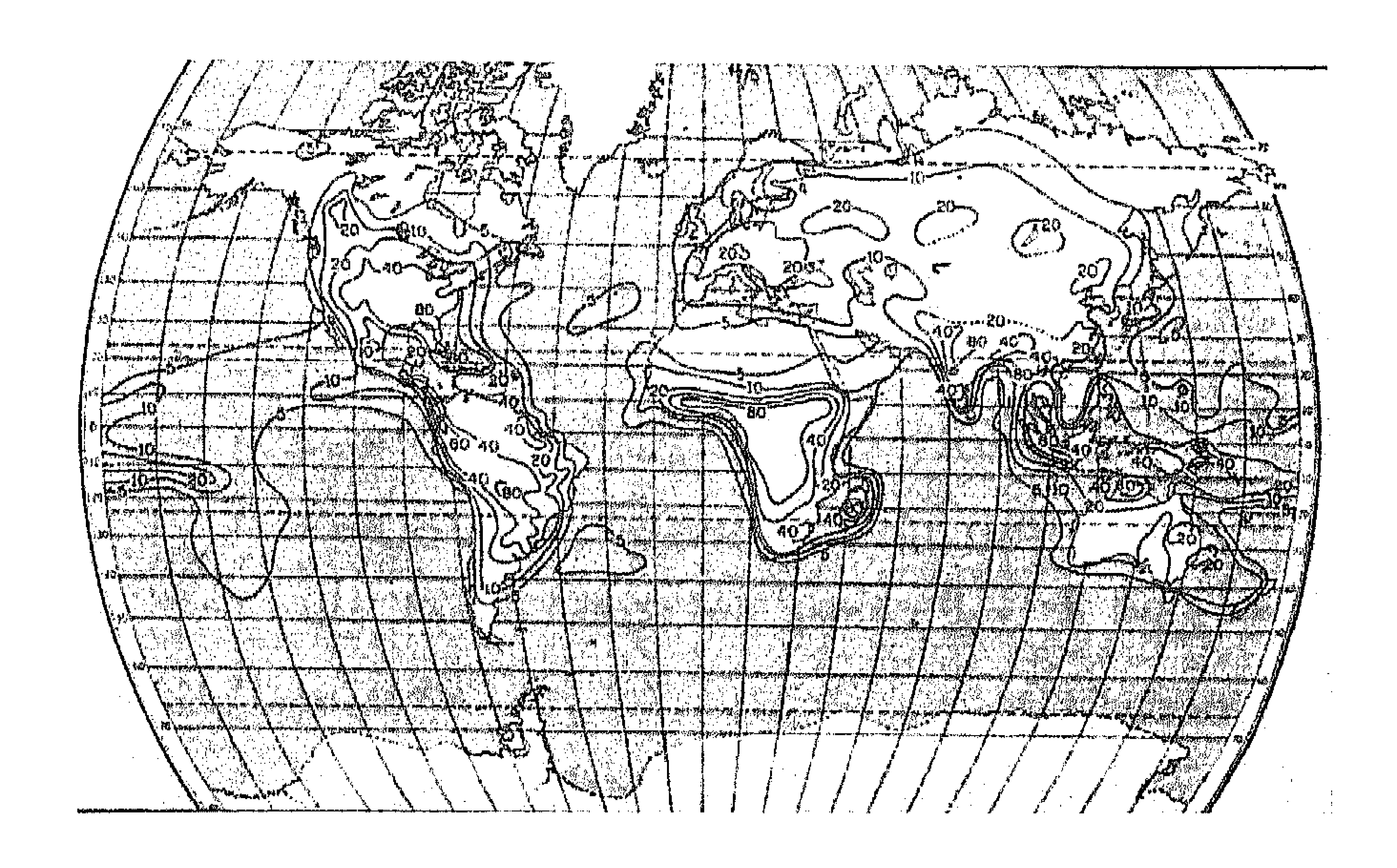
٤ . في الولايات المتحدة فقط يحدث في السنة نحو (٢٠) مليون ومضة برق.

٥ . كل ومضة برق تولد توتراً يتراوح بين (١٠٠ . ١٠٠٠) مليون فولط.

٦ . كل ومضة برق تنتج تياراً كهربائياً تتراوح شدته بين (١٠ . ٢٠٠) ألف أمبير.

٧ . على مستوى الكرة الأرضية، تتشكل في أي لحظة نحو (٢٠٠٠) عاصفة رعدية؛ بما يقارب من (٤٥٠٠٠) عاصفة رعدية يومياً. وهذا يعني أن نحو (١٧) مليون عاصفة رعدية تتشكل في السنة.

وتتشكل العواصف الرعدية في كافة مناطق الكرة الأرضية باستثناء المناطق القطبية (بين خطي عرض ٧٠ والقطبين)، لانعدام حركات الصعود الهوائي الكافية لتشكل سحب الركام المزني (Cb). شكل (٣١).



شكل رقم (٣١) التوزع الجغرافي لعدد أيام العواصف الرعدية في العالم

وكلما كانت المنطقة أكثر ملاءمة لحركات الصعود الهوائي (الحملانية والجبهية والتضاريسية)، كانت الفرصة مناسبة لحدوث العواصف الرعدية. ويرتبط عدد مرات العواصف الرعدية، بتكرارية حدوث حركات الصعود وقوتها واستمراريتها.

وتعد العروض المنخفضة من أكثر العروض تعرضاً للعواصف الرعدية، خاصة المناطق الداخلية المجاورة لخط الاستواء التي يزيد معدل عدد أيام العواصف الرعدية فيها عن (٨٠) يوماً في السنة ، لتبلغ في بعض الأماكن أكثر من (١٠٠) يوماً، وذلك بفعل حركات الصعود الحراري المستمرة، والتي تتعاظم في نحو ثلث أيام السنة إلى الدرجة التي تنتج فيها عواصف رعدية. وهذا ما يلاحظ على ساحل المحيط الهادي الاستوائي في الاكوادور والبيرو، وفي الأجزاء الشرقية

والجنوبية الشرقية من أفريقية (مالاغاشي... كمثال)، وفي شمال استرالية، والمناطق المرتفعة من الهند والهند الصينية التي تتعرض للرياح الموسمية الصاعدة فوقها.

وتعد جزيرة جاوه الاندونيسية وسنغافورة، ومنطقتي كامبالا وتورورو (Tororo) في أوغندا الأكثر عالمياً في عواصفهم الرعدية، حيث يصل المعدل الوسطي لعدد أيام العواصف الرعدية إلى أكثر من (٢٢٥) يوماً في السنة، وهذا مرده إلى ما تشهده جزيرة جاوه من حركات صعود حملانية حرارية لوقوعها عند خط الاستواء، ولما تتعرض إليه من حركات صعود تضاريسية عنيفة بفعل الرياح الموسمية التي تعبرها. بجانب ما تتعرض إليه سواحل المناطق الموسمية من أعاصير مدارية (تيفون).

وأكبر عدد سنوي عالمي من أيام العواصف الرعدية سجل في بويتنزورغ (Buitenzorg) بجزيرة جاوه الأندونيسية، حيث بلغ (٣٢٢) يوماً. كما تكثر العواصف الرعدية في العروض المعتدلة الدافئة، في نصف سنتها الشتوي، غير أنها في العروض المعتدلة الباردة والباردة نسبياً (بين خطي عرض ٤٠ - ٦٠) فإنها تكثر شتاءً بفعل حركات الصعود الجبهية والتضاريسية - إن وجدت - وتتعاظم ربيعاً وصيفاً بسبب حركات الصعود الحملاني الحرارية... وتكاد سهول المسيسبي وسواحل خليج المكسيك في الولايات المتحدة توازي المناطق المجاورة لخط الاستواء في عدد أيام العواصف الرعدية التي تتجاوز بشكل عام (٤٠) يوماً. ولتصل في شبه جزيرة فلوريدا إلى أكثر من (٨٠) يوماً، فخلال فصل الصيف تكاد تحدث العواصف الرعدية يومياً فوق الأجزاء الوسطى والجنوبية من شبه الجزيرة.

وتقل العواصف الرعدية قلة ظاهرة فوق الصحارى بمختلف أنواعها، لجفاف هوائها، ولسيادة الضغط المرتفع فوقها فترات طويلة من السنة. إذ أنه رغم الارتفاع الحراري الصيفي - كما في الصحراء الكبرى وصحاري شبه الجزيرة العربية -، والحركة الحملانية الشديدة، إلا أنه نظراً لجفاف الهواء الشديد، لا يمكن تشكل السحب الرعدية، ليتشكل بدلاً عنها الزوابع الترابية.

وتشير العديد من الدراسات، أن العواصف الرعدية تزيد فوق المدن عما فوق الريف، وذلك بسبب شدة تهيج الهواء في المدن وارتفاع نسبة التلوث بالشوائب، ووفرة نويات التكاثف.

كما أن مناطق الأعاصير المدارية وأعاصير التورنادو، هي مناطق العواصف الرعدية. أو بمعنى آخر؛ أن كل المناطق التي تتوفر فيها الظروف الملائمة لتشكل سحب الركام المزني، هي مناطق الكثرة في العواصف الرعدية (الجبهات الباردة، الحركات الحملانية، الأعاصير، سفوح الجبال المواجهة للرياح الرطبة... إلخ)· ولهذا اتصف سهل المسيسبي ذو أعاصير التورنادو الكثيرة بعواصفه الرعدية الوفيرة، وكذلك السواحل الشرقية من الولايات المتحدة، وسواحل شرق وجنوب شرق أسيا.

وفي سورية؛ فإن الأجزاء الساحلية والشمالية الغربية والشمالية الشرقية من أكثر الأجزاء تعرضاً للعواصف الرعدية، حيث يتراوح المعدل السنوي لتكرارها بين (١٥ - ٣٧ يوماً) لكون هذه الأماكن تتطبق على الخط العام الذي تتبعه معظم المنخفضات الجوية الجبهية العابرة لسورية بصفة عامة - والذي ينطبق عليه خط العواصف -

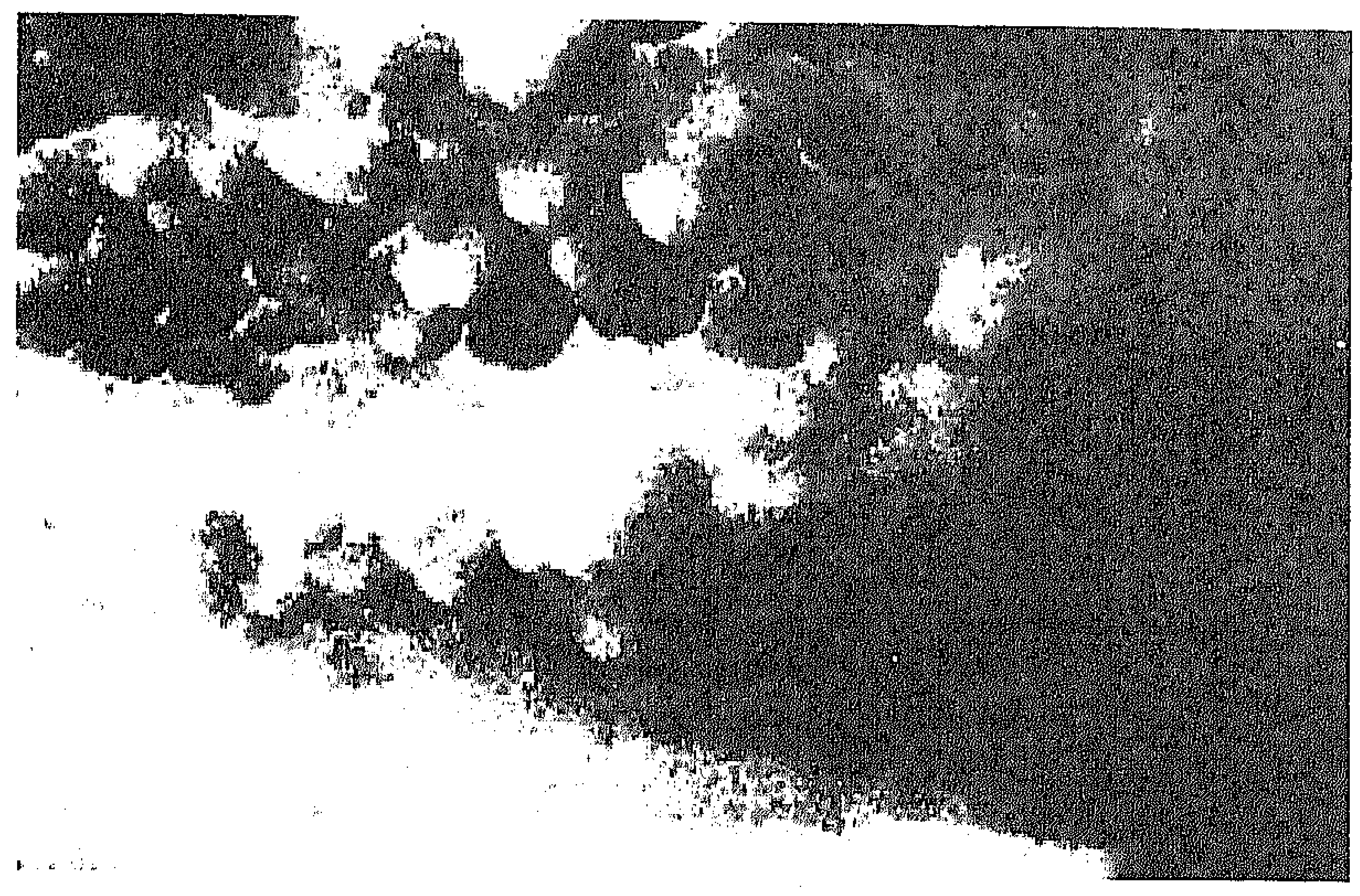
١٠ . ٢ . خطوط العواصف (Squall Lines):

في كثير من بقاع العالم لا تأخذ العواصف الرعدية في معظم الأحيان شكلاً بُقعياً (حجيرات فردية)، وإنما تبدو بهيئة خط متواصل طوله عدة مئات من الكيلومترات، واتساعه بضعة عشرات من الكيلومترات. وتعد ظاهرتا البرق والرعد المستمرتان اللتان تكادا لا تنقطعان مؤشراً على وصول خط العواصف.

وخط العواصف ما هو سوى مجال مساحي يمتد على طوله سلسلة متواصلة من السحب الرعدية؛ لاستمرار قوة الرفع الشديدة للهواء الرطب على طول هذا الخط، كما يحدث أحياناً في حال مرور منخفض جوي جبهي شديد الفعالية بجبهتيه الحارة والباردة، بخاصة الجبهة الباردة حيث تكون الحركة التصاعدية في أشدها على طول امتدادها وانتشارها، أو كما يحدث فوق سفوح الجبال وذراها. وتكون وجهة حركة خط العواصف مسايرة لوجهة الرياح السائدة؛ فهي في العروض الوسطى ذات وجهة غربية ـ شرقية بوجه عام، بينما في العروض المدارية ذات وجهة شرقية ـ غربية (إن وُجدت). غير أنه كثيراً ما تنتظم حجيرات العواصف الرعدية ـ في الولايات المتحدة ـ خلال الربيع وأوائل الصيف بشكل خط متواصل يتجه من الشمال إلى الجنوب أو من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي ـ موافقاً بذلك محور امتداد الجبهة الباردة من المنخفض الجبهي ـ ويستمر لمدة تتراوح بين (٦ ـ ٨) ساعات، وهو مرتحل باتجاه الشرق.

ويوجد اختلاف كبير بين العاصفة الرعدية الفردية (البقعية) التي

تتشكل في فترة ما بعد الظهيرة الشديدة الحرارة، والعواصف الرعدية على طول خط العواصف؛ إذ تميل الأخيرة لأن تكون أكثر عنفاً وشدة. وعادة يسبق سماء الماماتوس (غيوم ركامية مزنية ذات أضرع متدلية منها) - شكل (٣٢) - خط العواصف؛ الذي بوصوله تشتد سرعة الرياح لتصل أحياناً إلى قوة الإعصار، مع هبات شديدة تبلغ حوالي (١٦٠ كم/ ساعة). وعادة يشار إلى خط العواصف بالاضطرابات المتوسطة الحجم؛ نظراً لأن حجمها يكون وسطاً بين كتل السحب الفردية (مقياس ١٠ كم) والأعاصير (مقياس ١٠٠٠ كم).



شكل (٣٢) سماء الماماتوس

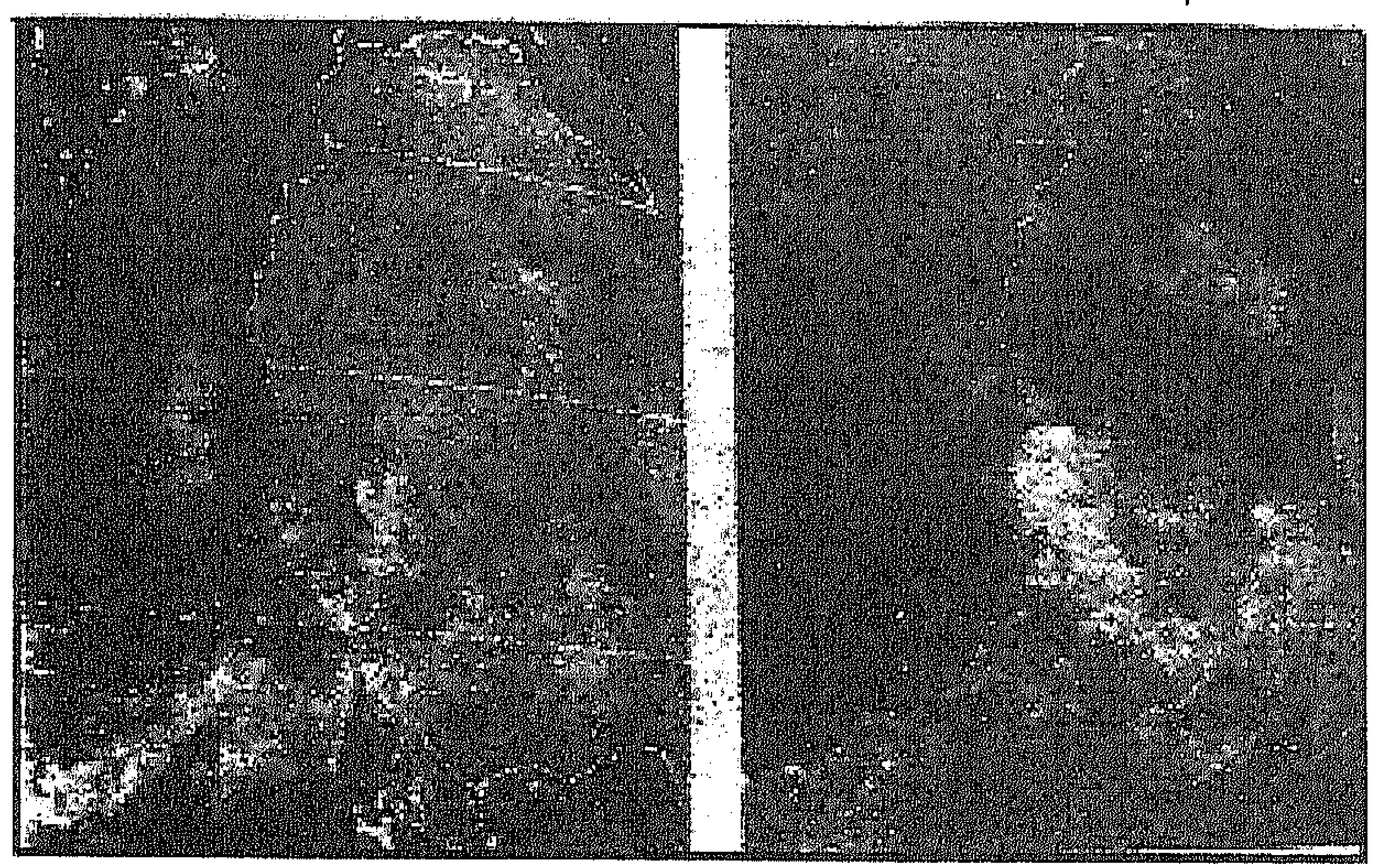
ذلك أن هناك ترابطاً ما بين العواصف الرعدية وأعاصير التورنادو والتي تتشكل من سحب الماماتوس. حيث أن أعاصير التورنادو تتشكل بكثرة على طول خطوط العواصف الرعدية، وخاصة خطوط

العواصف المرتبطة بالجبهات الباردة، ذلك أنه من الممكن أن تظهر في هذه الحالة عدة أقماع متدلية على طول خط عاصفي واحد، في تتابع متلاحق، تبدو أحياناً وكأنها قمع واحد. فلا بد للتورنادو من تشكله أولاً أن تتشكل سحب العواصف الرعدية، التي تتطور فيما بعد لتصبح ملائمة كي يحدث منها تدلٍ لقمع مائي (خرطوم) باتجاه الأسفل إلى السطح.

إن أكبر تردد لخطوط العواصف الرعدية العنيفة يحدث فوق السهول الوسطى من الولايات المتحدة، والتي ترتحل فيما بعد نحو الشرق. وهناك مناطق عدة من العالم تعرف مثل هذه الخطوط العاصفية، كما هو الحال في الأرجنتين، والجزء الجنوبي الغربي من روسيا، وأوربا الوسطى، والهند الشمالية الغربية. وهناك خط للعواصف فوق الجزء الشمالي الغربي من سورية. وتحدث خطوط العواصف العنيفة فوق أفريقية الغربية خلال موسم الأمطار لنصف الكرة الشمالي، وترتحل هذه الخطوط نحو الغرب مع الرياح الشرقية السائدة، وسرعتها غالباً ما تكون عالية - بحدود ٣٠ عقدة (١٥ م/ثا) - ولكنها لا تصل إلى أكثر من نصف السرعة المرصودة أحياناً في الولايات المتحدة، والشكل (٣٣) يبين خط عواصف يدخل المحيط الأطلسي من أفريقية الغربية قرب خط طول (٩ °) غرب غرينتش، وكانت وجهته شمالية - جنوبية تقريباً بامتداد حوالي (٥٠٠ كم)، بينما كان يمتد شرق - غرب حوالي (١٠٠ كم)، مرتحلاً بسرعة تبلغ حوالي (١١ م/ثا)، مستغرقاً مدة ثماني ساعات، وكان الطقس الشديد الاضطراب يتمركز عند حافته الأمامية دون أن يستمر أكثر من نصف ساعة.

وكثيراً ما يبلغ طول خط العواصف الرعدية نحو (٨٠٠ كم)، وقد يصل إلى (١٠٠٠) كم فأكثر، وباتساع يبلغ عشرات الكيلومترات. فهو يمتد على طول مسار المنخفضات الجبهية المتحركة شرقاً الشديدة الفاعلية لجبهاتها الباردة، كما أن مسار أعاصير التورنادو هو خط عواصف رعدية، وكذلك مسار أعاصير الهوريكان.

وفي بعد ظهر يوم (١٤) نيسان عام (١٩٩٩م) انطلق مسار خط العواصف الرعدية على امتداد نحو (٢٢٥ كم) من الساحل الشرقي لاسترالية، بسرعة تحرك العواصف الرعدية نحو (٣٢كم/ ساعة)، مستمرة بذلك نحو (٥,٥) ساعة، كما هو مبين في الشكل (٣٤)، حيث بدأت العواصف بالتشكل الأولي إلى الجنوب من سدني بنحو (٢١٥ كم)، وتابعت مسارها خطياً على طول الساحل متجاوزة إياه



شكل (٣٣) خط عواصف رعدية

تارة إلى داخل المحيط الساحلي، وليمر فوق سدني مستمراً حتى شمالها بنحو (١١ كم). ولقد بلغ اتساع خط العواصف سابق الذكر نحو (٢٥ كم).

ويتقدم خط العواصف جبهة نوئية (Gust Front)، مع ما يترافق به من أمطار غزيرة انهمارية، وسقوط بَرَد، وبرق وصاعقة، ورياح شديدة جداً، وحتى أعاصير تورنادو فردية، وذلك في منطقة واسعة من خط العواصف.



شكل (٣٤)

خط عواصف رعدية تعرض له الساحل الشرقي لاسترالية يوم (١٤) نيسان عام (١٩٩٩)

الفصل الحادي عشر

آثار العواصف الرعدية

١١ . ١ . الآثار السلبية للعواصف الرعدية

١١ . ١ . ١ آثار البرق

١١ . ١ . ٢ آثار الصاعقة

١١ . ١ . ٣ . آثار الرعد

١١ . ٢ . الآثار الإيجابية للصاعقة والبرق

١١ . ٣ . طرق الحماية من الصاعقة

إن كمية بخار الماء التي تتكاثف ومن ثم تهطل مطراً وبَرَداً وثلجاً من سحابة رعدية، يمكن حسابها، وبالتالي فإن كمية الطاقة الإجمالية في عاصفة رعدية يمكن تحديدها. ففي عاصفة رعدية متوسطة الفاعلية، فإن كمية الطاقة المنطلقة تبلغ نحو (١٠) مليون كيلو واط ساعي، بما يكافئ نحو(٣,٦ × $١٠^{١٣}$ جول)، وهذا ما يعادل إلى (٢٠) كيلو طن انفجار نووي. ويمكن لعاصفة رعدية عنيفة وكبيرة أن تطلق طاقة تبلغ (١٠ ـ ١٠٠) مرة أكثر فعالية (قوة). ولهذا نجد أن آثار ما تفرزه العاصفة الرعدية من طاقة مفرغة كبيرة جداً.

١١ ـ ١ ـ ١ ـ آثار البرق:

تكاد تنحصر آثار البرق المباشرة في مناطق مساراتها، ويتمثل ذلك في:

أ ـ تأثيره على الهواء ومكوناته:

تنتج تركيبات كيميائية بفعل الشرارة الكهربائية الشديدة للبرق. فيتولد من جراء ذلك أحماض مختلفة (حمض الآزوت، حمض الكربون، حمض الكبريت... إلخ) ومركبات أخرى كالأملاح وغيرها، تهطل مع الأمطار مكسبةً إياها صفة حامضية ـ ويتضح ذلك في المناطق الصناعية التي تكثر في أجوائها الملوثات الكيميائية ـ، فيشكل بعضها مخصبات للتربة الزراعية.

ب ـ تأثيرها على الأجسام المتحركة في الجو:

خلال الحرب العالمية الأولى صنعت سفينة الهواء الفرنسية

ديكسمود في ألمانيا من طراز (زيبلن ل ـ ٧٢). وقد سلمت إلى سلاح الجو الفرنسي بعد اندحار ألمانيا عام (١٩١٨). وسجلت السفينة الفضائية رقماً قياسياً في التحمل عام (١٩٢٣) إذ قطعت مسافة (٧٢٠٠ كم) خلال مائة وثماني عشرة ساعة.غير أن ملاّحها الملازم (دوبليز غيرندان) أعرب عن شكوكه بخصوص قدرة الطائرة على تكرار الرحلة باعتبارها غير مصممة لقطع هذه المسافات الطويلة.

وفي (١٨) كانون الأول عام (١٩٢٣م) غادرت طائرة قاعدتها قرب مرسيليا وعلى متنها خمسون راكباً في رحلة إلى جنوب إفريقية وفي أثناء عودتها، وبينما هي فوق (بسكرا) الجزائرية تلقت تحذيراً لاسلكياً في الحادي والعشرين من ذلك الشهر عن وجود عاصفة رعدية فوق البحر المتوسط. وفي الثالث والعشرين منه تلقى أحد المراكب الإيطالية رسالة لا سلكية من طائرة تشير إلى أنها في ورطة. وبعد يومين حمل صيادو الأسماك جثة (غريندان) بعيداً عن ساحل صقلية. فقد تحطمت الطائرة مع كل من فيها. وبيّن فحص لاحق لقطع من حطامها أن صهاريج الوقود فيها انفجرت بعد أن ضربها البرق.

وكانت المناطيد ذات المحركات معرضة للبرق لأنها مليئة بغاز الهيدروجين السريع الاشتعال. ولا يزال سبب كارثة الطائرة (هندبرغ) عام (١٩٣٧م) موضوع جدال، وإن كان التحقيق قد أشار إلى أن السبب الأوضح لذلك هو اشتعال غاز الهيدروجين المتسرب بوساطة شحنة كهربائية.

هناك حوادث أخرى عن العواصف الرعدية الخطيرة على السفن الهوائية الأخف من الهواء. في عام (١٩٢٥م) اصطدم منطاد أمريكي

يدعى (شينا ندوه) ببرق فوق (أوهايو) في أثناء رحلة داخلية. وأدى تيار الهواء الصاعد إلى رفع المنطاد فجأة أكثر من (١٠٠٠ م). بعد ذلك مباشرة انحدر إلى الأرض بسرعة (٨ م/ثا)، وانفجر المنطاد إلى ثلاث قطع بسبب ضغط هذه الحركات العنيفة، وتهاوت القطع الثلاث نازلة إلى الأرض. وأدى ذلك إلى مقتل أربعة عشر رجلاً من بين الثلاثة والأربعين. لكن الحظ لم يحالف ركاب المنطاد البريطاني(ر١٠١) الذي تحطم في ظروف مشابهة، وقتل ثمانية وأربعون من أصل الخمسين شخصاً فيه.

وبما أن الطائرة جسماً معدنياً، ومجالاً خصباً للشحنات الكهربائية المختلفة، فإنه من الطبيعي أن يحدث تفاعل بين شرارة البرق وجسم الطائرة المعدني؛ إذ تضرب شرارة البرق جسم الطائرة وتلتّف حولها، غير أن الطائرة مجهزة بأجهزة لامتصاص هذه الصدمة وتفريغ شحنة البرق دون أن تحدث فيها أضراراً كبيرة. وتكاد تنحصر أهم الأضرار التي تحدثها شرارة البرق في إحداث تشويش على أجهزة الراديو واللاسلكي، وفيما يحدث من عمى لحظي للطيار من جراء عنف الصدمة الكهربائية المترافقة بوهج هائل، وما تحدثه قوتها الكهربائية ذات الطاقة الحرارية العالية من صهر لهوائي اللاسلكي، غير أنه إذا عبرت الطائرة السحابة الرعدية (Cb) في منتصفها؛ حيث الفاعلية الكهربائية العالية، فستحدث عندئذ أضرار قد تكون بالغة في الطائرة.

إن تأثير العاصفة الرعدية ليس فقط على عمل الأجهزة الكهربائية والراديوية في الطائرة، وما قد ينجم عن إصابتها بالبرق، وإنما أيضاً تأثيرها على حركات الهبوط والصعوط، وما يتولد عن

ذلك من اضطراب في مواعيد الرحلات الجوية؛ ففي إحصاء في الولايات المتحدة الأمريكية لعام (١٩٧٥م) تبين أن العواصف الرعدية أسهمت بنسبة (٢٥٪) في تأخر الرحلات الجوية لمدة (٣٠ دقيقة فأكثر). كما أن نجد (٤٠٪) من حوادث الطيران في العالم تعود للعواصف الرعدية.

ومن الأمثلة عن حوادث الطائرات الناتجة عن البرق نذكر:

في الثامن من كانون الأول عام (١٩٦٣م) ضرب البرق طائرة نفاثة في أثناء رحلة لها من (بورتو ريكو) إلى فيلادلفيا بالولايات المتحدة. انفجرت الطائرة في العاصفة الرعدية بعد لحظات فقط من إقلاعها من مطار بلتيمور الأمريكي حيث أفرغت واحداً وسبعين راكباً، وقتل باقي الركاب الواحد والثمانين فيها. وفي عام (١٩٦٤م) تعرضت طائرة إلى خمس ضربات منفصلة من البرق وهي في طريق عودتها فوق شيكاغو في (٢٦) أيلول فتحملتها الطائرة. وفي (٢٣) تموز من عام (١٩٧٣م) كانت طائرة نفاثة ذات محركين من شركة (أوزارك إيرلاينز) في طريقها إلى مطار (لامبرت) في سان لويس، فجأة فقد برج المراقبة الاتصال اللاسلكي مع الطائرة، وهي على مسافة (١,٦ كم) من المدرج. وقد ذكر ملاح الطائرة أنها تعرضت إلى ضربة برق واحدة على الأقل قبل أن تتحطم في أحد الوديان وسط غابة في ضاحية نورماندي. وقد أفادت (دييي شواب) التي كان بيتها يبعد مائة ياردة(نحو٩١متراً) من مكان الحادث أنها سمعت دوياً كدوي الرعد، تبعته عدة ضربات مدوّية أيضاً ليخرج زوجها مسرعاً من البيت ويشاهد كتلة من اللهب تضيء تحجب السماء، وقتل في الحادث ستة

وثلاثين راكباً من بين الأربعة والأربعين فيها[1].

ولقد عطلت السحب الرعدية إطلاق المكوك الفضائي الأمريكي ديسكفري من قاعدة الانطلاق في كيب كانيفرال بولاية فلوريدا يوم السبت (١ تموز عام ٢٠٠٧)، وكذلك أجّل إطلاقه يوم الاثنين (٣ تموز عام ٢٠٠٧) بسبب استمرار العواصف الرعدية، حتى يوم الثلاثاء اللاحق. حيث أن الإطلاق يعتمد على الأحوال الجوية؛ إذ أن وجود سحب كهربائية في منطقة إطلاق الصاروخ تزيدمن خطورة تعرض المكوك لصاعقة البرق، وهذا ما كانت تعرضت إليه مركبة أبوللو (١٢) في عام (١٩٦٩م) عند انطلاقها باتجاه القمر، معطلة ضربة البرق الأنظمة الكهربائية بالكبسولة، مع استمرار المركبة في رحلتها.

ونتيجة للعواصف الرعدية العنيفة التي كانت مسيطرة على أجواء مركز كيندي بولاية فلوريدا، فقد تم إرجاء هبوط المكوك الفضائي أطلاطنس فيه، الذي كان مقرراً الساعة الثانية والنصف من يوم الجمعة التاسع من شهر تموز عام (٢٠٠٧م).

وعند اكتشاف الطيار أن أمامه سحابة عاصفة رعدية، أو خط من سحب العواصف، فعليه أن يتخذ قراره في كيفية معالجة الوضع قبل اختراق العاصفة. فهل يمكنه تجنبها بالدوران حولها؟ وهذا هو الأفضل في حال السحب المفردة ويمكنه ذلك بسهولة، لأن بعضها لا يتجاوز اتساعه بضع كيلو مترات - شكل (٣٥) - ويجب على الطيار أن لا يغامر أثناء الالتفاف بالاقتراب أقل من (٨ كم) من السحب

---

(١) - عدد من المؤلفين؛ كوارث الطبيعة، ص ١٧١ - ١٧٢.

الرعدية الناضجة، لاحتمال مواجهة انهمار الثلوج. أما إذا صادف أمامه خط من سحب العواصف، فعليه اختيار الطيران إن أمكنه ذلك بين الفواصل التي تفصل بين السحب، وهي فواصل تكون فيها السحب أقل عنفاً وحجماً، مع أخذ الحذر والحيطة من تحرك السحابة الأكبر والأعنف وبلوغها نقطة هدف العبور في لحظته.

ويجب على الطيارين عدم محاولة الطيران تحت العواصف الرعدية الجبلية، حتى ولو كان بإمكانهم رؤية المنطقة في الجانب الآخر من الجبل، وذلك لنشاط التيارات الصاعدة والهابطة تحت مستوى قاعدة السحابة، مما قد ينجم عن التيار الهابط كارثة اصطدام بقمة الجبل. وإذا كان مضطراً لذلك، فيجب أن يكون أقل ارتفاع عن سطح الأرض للاختراق (٤٠٠٠ قدم/ ١٣٣٠م).

وعندما لا يكون خياراً أمام الطيار سوى اختراق سحابة العاصفة الرعدية، فعليه أن يتجنب اختراقها من أجزائها السفلية، لأنها تكون الأعنف، والهطول البردي أغزر، ولكن البرق يكون أقل، وتعرضها لضربته أخف.

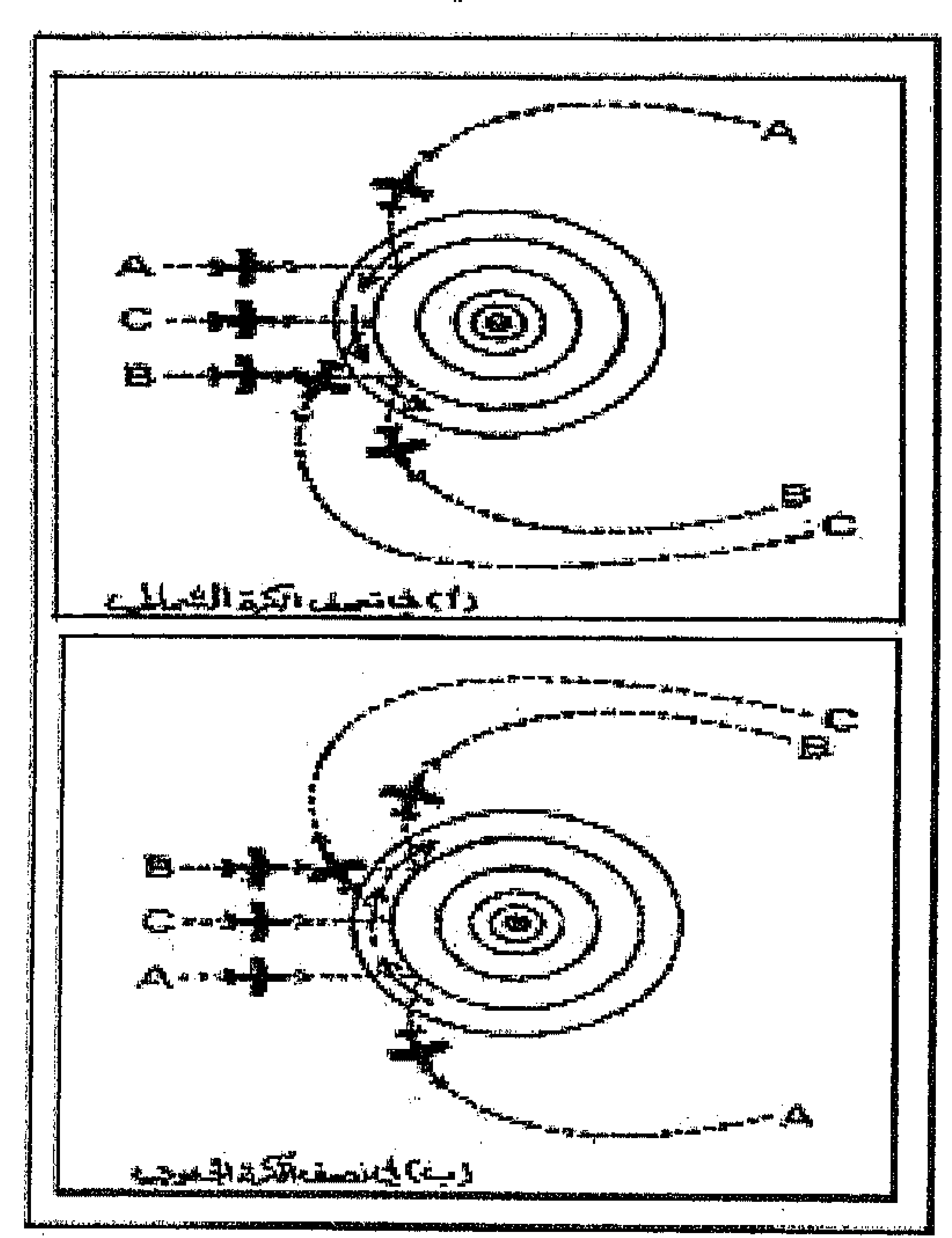
وعند اختراق العاصفة، فيجب: المحافظة على الاتجاه والارتفاع، وارتداء النظارات المظلمة للحماية من العمى المؤقت الذي يحتمل أن يسببه وميض البرق - أو إضاءة أنوار حجرة القيادة إلى أعلى مستوى - كما يجب تخفيض مستوى الصوت للراديو، أو إزاحة سماعات الأذن إلى الأمام قليلاً لحمايتها من التشوش القوي. وكذلك وقف القيادة الآلية. والعبور في السحابة من ثلثها الأعلى، وتشغيل منظومة منع تراكم الثلج والتجلد. واختراق السحابة بالسرعة المخصصة للمطبات الهوائية.

وحالما تدخل الطائرة السحابة الرعدية، فعلى الطيار تركها تتبع

سياق التيارات الصاعدة والهابطة، ويركز على المحافظة على اتزان الطائرة من حيث مستوى الارتفاع (Level altitude) حتى ولو ضغطت الطائرة إلى أسفل السحابة، فيجب المحافظة على مستوى وضعية الطائرة مفضلاً ذلك على الارتفاع.

١١ . ١ . ٢ . آثار الصاعقة:

إن آثار الصاعقة أكثر أهمية وأبلغ تأثيراً، لكون الصاعقة تصيب سطح الأرض محدثة خسائر قد تكون جسيمة في الأرواح والممتلكات. ومع أن الصاعقة ما هي سوى شرارة كهربائية تنقض



شكل (٣٥) آلية تجنب الطائرات خطر العواصف الرعدية

من قاعدة السحابة إلى الأجزاء من سطح الأرض ذات الشحنة الموجبة، إلا أن ضخامة الطاقة الحرارية المتولدة عنها تسبب حدوث حرائق في الغابات والمحاصيل الزراعية التي تكون قد جفت أوراقها، وفي صهر الأسلاك، وإضرام النار في أية مادة قابلة للاشتعال تعترض طريقها، كما ينجم عنها تكسر الأحجار، والأشجار، وتخريب البيوت باختراقها لسقوفها وإحداث أضرار بداخلها. والأهم من ذلك كله أنها تؤدي إلى الوفاة إذا ما وقع إنسان أو أكثر في خطها؛ ولا تمر سنة إلا ويذهب آلوف الضحايا من جرائها، إذ تعد مسؤولة عن قتل حوالي (٥٠٠٠) إنساناً في العالم سنوياً.

وفي كل ثانية تضرب الصاعقة الأرض مائة مرة. وفي كل سنة، تقتل الصواعق في الولايات المتحدة وحدها أكثر ما تقتله الأعاصير، وتدمر نحو (١٨) منزلاً سنوياً، وتلحق أضراراً مادية تعادل نحو (١٠٠) مليون دولار سنوياً.

أ ـ آثارها المباشرة على الإنسان:

يذهب في كل عام ضحية الصاعقة في الولايات المتحدة مائة شخص(*). وبالمقابل كان هذا الرقم يصل إلى أربعمائة إنسان في العقود الأولى من القرن العشرين. وتشير البحوث إلا أنه بالإمكان تخفيف نسبة ضحايا الصاعقة أكثر من هذا. وفي كندا يذهب ضحية الصاعقة سنوياً نحو (٢٠) شخصاً. وفي الصين والهند يقارب

(*) . خلال الفترة (١٩٥٩ ـ ١٩٨٠) قتلت الصواعق (٢٢٨٦) شخصاً في الولايات المتحدة، كان معظمهم من ولايتي فلوريدا وتكساس.

عدد ضحايا الصواعق من (١٠٠٠) إنسان، وفي بعض السنوات يزيد الرقم عن هذا العدد بكثير.

عندما تضرب الصاعقة جسم الإنسان تحدث فيه أحياناً بعض الحروق، وتخريباً في الخلايا، وأضراراً أخرى لا تؤدي بالضرورة إلى الوفاة.

وتكمن الأخطار الأكبر في فقدان القدرة على التنفس، وتشوش انتظام دقات القلب (إنقباض عضلي بطني). فإذا حدث أحد هذين العرضين فإن الجسم يعاني من تلف لا براء منه ما لم يحصل على إسعافات أولية خلال الدقائق الخمس الأولى. ويتوجب إجراء التنفس الاصطناعي في حالة فقدان التنفس، وإذا توقف القلب يمكن إجراء نبض كاذب، فيُسجى الشخص المصاب على ظهره ويجري الضغط على صدره براحة اليد بقوة بمعدل ضغطة في كل ثانية أو أسرع. بهذه الطريقة ربما يمكن تقديم إسعافات أولية للمصاب وتحويل حالة الموت الناتجة عن البرق.

غير أن التدابير الاحتياطية، على أية حال، تبقى أكثر ضماناً ضد الإصابة القاتلة بالصاعقة. ويجب على الناس ملازمة بيوتهم أثناء العاصفة الرعدية، والابتعاد عن الأجسام المعدنية كالأجهزة الكهربائية، وأنابيب الماء، والمغاسل والهاتف وأجهزة التلفزيون، ومجانبة الممرات والشرفات، والمواقد. وأفضل الأماكن تكون داخل الأجسام المعدنية ولكن دون تماس معها. لهذا ينصح المسافرون في السيارات بالبقاء داخلها أثناء حدوث العاصفة.

وإذا كان المرء يسبح في الماء أو في مركب مكشوف فالأفضل أن يسرع إلى الشاطئ ويغادر المكان. كذلك يجب الابتعاد عن القمم

والأماكن المرتفعة إذا كان الإنسان في العراء، وعدم اللجوء إلى ظلال الأشجار المنفردة، ويجب البحث عن أخفض مكان والانحناء فيه بحيث لا يشغل الجسم إلا حيزاً ضيقاً من الأرض. ولا يغيب عن البال أن البلل المائي مجلبة لومض الصاعقة فحاذروه.

ويجب تجنب استخدام الهاتف الخليوي عند حدوث عاصفة رعدية قريبة منك، يلمع برقها فوق رأسك وحواليك. كما أن وجود الهاتف الخليوي في الجيب أثناء العاصفة يشكل خطراً؛ إذ تصبح المعادن في الجهاز موصلة للتيار إلى الجسم.

وذكرت المجلة الطبية البريطانية (British Medicalic Journal): حالة فتاة في الخامسة عشرة من عمرها تعرضت إلى صاعقة أثناء استخدامها هاتفها الخلوي، متعرضة إلى ذبحة صدرية أسعفت منها، ولكنها انتهت في كرسي متحرك، وأصيبت بأضرار دماغية، وبتلف في الأذن. فحين يتعرض شخص ما إلى صاعقة، فإن المقاومة العالية للجلد تجعل التيار يتوزع على الجلد، ولكن وجود مادة موصلة على أي جزء من الجسم يجعل جزء من التيار يدخل إلى الجسم ويسبب أضراراً فيه.

وفي شهر شباط من عام (٢٠٠٢) كان شاباً يتكلم بهاتفه الخليوي في قرية كفربهم من محافظة حماه خلال عاصفة رعدية، مما جعل الصاعقة تفرغ شحنتها الكهربائية فيه عبر جهازه الخليوي، متعرضاً إلى الوفاة الفورية.

ومن الأمثلة عن ضربات الصاعقة للبشر، نذكر:

١ ـ ما تعرض له اللاعبان المحترفان في لعبة الغولف (لي تريفينو،

جيري هيرد) وهما جالسان تحت مظلة في المرج الثالث عشر في ملعب نادي بتلر الوطني، عندما جلجلت عاصفة رعدية فوقهما، وذلك في يوم (٢٧) حزيران (١٩٧٥)· وكان الملعب يغص باللاعبين والمتفرجين في أثناء الجولة الثانية من بطولة الغولف المفتوحة في الغرب. وفجأة سقط (تريفينو) إلى الأرض وتدحرج مرتين، ويقول أحد المتفرجين: «في البدء اعتقدت أنه أصيب بالدوار». غير أن اللاعب زعق: «لقد أصبت». فأدرك من حوله أن الصاعقة هي السبب، وكانت إصابته خفيفة ونقل إلى المشفى لمعالجة حروقه.

وفي مكان آخر من الملعب أصيب (بوبي نيوكلز) أيضاً، وسقطت مضارب ثلاثة من اللاعبين من أيديهم في نفس تلك اللحظة دون أن يصابوا بأذى. وكان ذلك الحدث الواسع الانتشار استعراضاً مازحاً لقوة الصاعقة.

٢ ـ ثمة أحاديث تصف حالة الذين تصيبهم الصاعقة. وأحدها جاء على لسان مزارع كان يوضب الفاكهة في مخزنه مع بعض مساعديه عندما حدثت العاصفة عام (١٩٥٩م)· مضى المزارع مع امرأة إلى الباب ليراقبا انهمار المطر، وكان ينتعل حذاء من المطاط، و المرأة تلبس خفاً. وبينما هما يراقبان ضربت الصاعقة شجرة صفصاف على مسافة منهما ثم اتجهت على طول خطوط القوة إلى المخزن الذي لم يكن مزوداً بمانعة صواعق. وأدى دخول الصاعقة إلى المخزن إلى انهيار الرجل والمرأة. وهرعت إحدى العاملات لطلب النجدة، ولما عادت كان المزارع يستعيد وعيه، وفارقت المرأة الحياة. وعندما سئل عن ذلك الذي حدث له، أفاد المزارع بأنه شعر وكأن مطرقة هائلة نزلت عليه، وكان يشعر بألم

خفيف في كتفه ووخز في أنامله بعد أن استعاد وعيه.

٣ ـ هناك مثال آخر حدث في حلبة سباق (آسكوت) الحديثة في انكلترا عام (١٩٥٥)٠ بعد ظهر الرابع والعشرين من تموز انفجرت صاعقة رعدية عنيفة بعد أسبوع من موجة الحر الشديد. وإذ انهمر المطر تفرق المشاهدون في أرجاء الملعب غير المسقوف للاختباء في الخيام. فجأة التمع البرق وسطهم. بدا يخفق فوق طرف الحلبة المقابل للمدرج، كما ذكر التقرير الصحفي. انطرح الناس أرضاً كما في لعبة القناني الخشبية التسع، بعضهم وثب في الهواء وارتمى من جديد. وتراكض الكثيرون كمن أصابهم الدوار، وذعر آخرون. وتمكن البوليس من إيقاف حالة هروب جماعي، فقتل شخصان وجرح أربعة وأربعون.

٤ ـ في شهر شباط من عام (١٩٥٩م) قتلت الصاعقة لاعبي كرة قدم، وجرحت سبعة عشرة آخرين أثناء مباراة في البرازيل.

٥ ـ عندما ضربت الصاعقة ملعب بيسبول عام (١٩٤٩ م) في فلوريدا حفرت سبعة أمتار في أرض الملعب وقتلت ثلاثة لاعبين، وجرحت خمسين من المشاهدين.

٦ ـ في (٢٤) تموز عام (١٩٦٣م) ضربت الصاعقة منزلاً في أندونيسيا، كان فيه عدد من الأشخاص يتناولون وليمة، مما أدى إلى قتل (١٦) شخصاً.

٧ ـ في يوم (١٨) كانون الأول عام (١٩٦٦ م) ضربت الصاعقة في ليسوتو جماعة يتناولون الطعام فقتلت (١٤) شخصاً.

٨ ـ في تشرين الأول عام (١٩٧٥ م) ضربت صاعقة ناقلة النفط

اليونانية (كريتي صن) بعيداً عن الشاطئ في سنغافورة، مؤدية إلى تفجرها وتحطمها إلى قطع ثلاث.

٩ . في (٢٤) كانون الأول عام (١٩٧٥م) بينما كان (٢١) شخصاً يبحثون لأنفسهم عن ملاذ يحميهم من عاصفة شديدة داخل كوخ في روديسيا، ضربتهم صاعقة، فقتلتهم، وكان من بينهم (١٤) طفلاً.

١٠ . وفي الساعة السابعة والنصف من صباح يوم الخميس (٢٠٠٥/٩/٢٩م) ضربت صاعقة الطرف (الكتف) الجنوبي الغربي من هضبة محردة السورية المشرفة غرباً على سهل العشارنة، إلى الشمال الغربي من قرية معرزاف بنحو (٢,٥ كم)، وقتلت (١١٨) رأساً من الأغنام والماعز ـ وكلب الراعي ـ، كانت متجمعة بملاصقة بعضها نتيجة الأمطار الغزيرة التي كانت تهطل من سحب العواصف الرعدية (الكومولو نيمبوس). ويعزى مقتل الأغنام إلى سببين، أولهما: الصعق الكهربائي؛ حيث شكل التجمع الكبير للأغنام فوق المياه المنساحة فوق كتف الهضبة منطقة جذب (شحنات موجبة) للشحنات السالبة من قاعدة السحابة الرعدية (Cb) لتفرغ شحناتها فيها، ولتسهم المياه بزيادة فعالية تكهرب الأغنام المبللة بالمياه، لما تتصف به المياه من ناقلية كبيرة للكهرباء. وثانيهما: الصعق الصوتي؛ الذي أصابها من جراء الأمواج الصوتية الرعدية شديدة القوة المتولدة بالقرب منها (*).

(*) - تمت معاينة الصاعقة والأغنام من قبل المؤلف الساعة (١١) من صباح يوم السبت (٢٠٠٥/١٠/١ م). ولم يشاهد أي تفحم في الأغنام التي قُتلت بسبب تخامد الفعل الحراري نتيجة تبلل الأغنام بالمياه والمياه الأرضية. كما أن نجاة الراعي كان لبعده بضعة أمتار عن ساحة التفريغ وبسبب ارتدائه حذاءً ولباساً عازلاً.

١١ - في يوم الجمعة العاشر من شهر آذار عام (٢٠٠٦م) وقعت صاعقة في الهند، أدت إلى مقتل (٨) أشخاص، وأصابت (١٥) شخصاً بإصابات متنوعة.

١٢ - في (٢٠) أيار عام (٢٠٠٦م) لقي نحو (٢٨) شخصاً مصرعهم من جراء العواصف الرعدية التي ضربت مناطق مختلفة من ولاية أوتر براديش بالهند.

١٣ - وفي الساعة الرابعة من بعد ظهر يوم الأربعاء (٢٠٠٨/٥/٢٢) ضربت صاعقة مدرسية قرية زيجي كايكسان في جنوب غرب الصين، فقتلت سبعة طلاب وأصابت (٣٠) آخرين بجروح.

١٤ - وفي مساء يوم (٢٠٠٧/٦/١٠م) لقيت ثلاث فتيات شقيقات حتفهن بفعل صاعقة ضربت قارباً كان يبحر في خليج كالاواج غرب الفلبين.

١٥ - وفي مساء (٢٠٠٧/٦/٢٤م) تسببت صاعقة في مقتل قطيع من الأغنام والماعز والأبقار عدده (٢١٢) رأساً في منطقة فكرونه بولاية الكاف في الشمال الغربي التونسي.

١٦ - وفي ساعات الصباح الأولى من يوم (٢٩) تشرين الأول عام (٢٠٠٦م) قتلت صاعقة شخصين في مدينة مكة المكرمة.

١٧ - وفي يوم (٢٠٠٦/١٠/٢٩م) قتلت صاعقة شاباً عمره (١٦) سنة في البقاع الشرقي قرب الهرمل بلبنان، وأصابت آخر بجروح بالغة.

١٨ - في (٢٢) أيار عام (٢٠٠٧م) لقي شخصان مصرعها نتيجة إصابتهما بصاعقة بولاية تطوان المغربية، حيث كانا يجلسان تحت شجرة للاحتماء من المطر.

١٩ - وفي يوم (٢٠٠٧/٧/٢٨م) ضربت صاعقة شخصاً في مقاطعة ساباتاري بنيبال، وهو عائد من الحقل إلى منزله، وأردته قتيلاً.

٢٠ - وفي شهر تموز فقط من عام (٢٠٠٧م) قتلت الصواعق (١٤١) شخصاً في الصين. ومن بداية السنة (٢٠٠٧م) وحتى نهاية شهر تموز كان عدد القتلى في الصين بسبب الصاعقة فقط (٤٠٣) أشخاص، مع أضرار مادية قاربت من (٢,٥) مليون دولار. وفي (٢٠٠٧/٨/٢م) قُتل خمسة أشخاص بسبب ضربة صاعقة لمبنى مكون من طابقين في منطقة لينغوان الصينية، مما نجم عنها انهيار المبنى.

٢١ - وفي يوم (١٧) آب من عام (٢٠٠٧م) ضربت الصاعقة عاملين يعملان في مزرعتين بمنطقة القصيم السعودية: أصيب أولهما في صدره وظهره بنسبة (٢٠٪)، كما أصيب الآخر بجروح شديدة وتوقف في القلب جراء قوة الصاعقة، وتم إسعافهما إلى مستشفى الملك سعود بعنيزة.

٢٢ - في (١٨) آب من عام (٢٠٠٧م) أصابت صاعقة أربعة أشخاص في جنوب ولاية كردفان السودانية، كما تسببت الأمطار الغزيرة التي أنتجتها سحابة العاصفة الرعدية في مقتل أربعة أشخاص بينهم طفلان.

٢٣ - خلال الفترة من شهر تموز عام (٢٠٠٦م) وحتى شهر آب من عام (٢٠٠٧م)، توفي (٢٢) شخصاً بينهم (٩) نساء، وأصيب (١٥) آخرون بسبب الصواعق التي صاحبت سقوط الأمطار الغزيرة على عدد من مديريات محافظة محجة اليمنية.

٢٤ - في مساء (٦) أيلول عام (٢٠٠٧م) لقي ثلاثة أشخاص من عائلة واحدة مصرعهم بسبب ضربهم بصاعقة لمنزلهم، وقد نجى من

الصاعقة سبعة من أفراد العائلة كانوا في الجانب الآخر من المنزل أثناء تعرضه للصاعقة. كما أصيبت ا مرأتان وطفلة بالصاعقة في محافظة المحويت اليمنية في اليوم نفسه. أيضاً فإن قوة الصاعقة أدت إلى ارتطام امرأتين وطفلة بجدار المنزل وإصابتهن بإصابات مختلفة وحالات إغماء وتم إسعافهن إلى المستشفى.

٢٥ ـ وفي صباح يوم الخميس الثالث عشر من شهر أيلول (٢٠٠٧م) ضربت صاعقة معلم مدرسة وتلميذاً في إقليم شفشاون بولاية تطوان المغربية.

٢٦ ـ وفي (٢٧/٩/٢٠٠٧م) قتلت صاعقة شخصاً في ولاية تكساس الأمريكية. كما قتلت الصاعقة صبياً يبلغ من العمر (١١) سنة في شيكاغو يوم الخميس (١٨/١٠/٢٠٠٧) عندما عبرت عاصفة رعدية المدينة، وألقت بحبات من البرد فاق وزن بعضها النصف كيلو غرام.

٢٧ ـ وفي صباح يوم الخميس (٢٠/١١/٢٠٠٨م) ضربت الصاعقة شاباً يقود جراراً زراعياً في قرية الغفر بالقرب من مدينة إدلب (٢٠ كيلو متر) فأردته قتيلاً. حيث أفرغت الصاعقة شحنتها الكهربائية في رأس الشاب لتخرج من الجزء السفلي للجسم.

إن معظم ضحايا الصاعقة لا يتعرضون لضربتها المباشرة. ومن يقف تحت شجرة مثلاً لا يطاله إلا جزء يسير من التيار الذي يجتاز الشجرة وينزل إلى الأرض. غير أن تحمل الجسم البشري للتيار الكهربائي ضعيف، ويمكن لكمية من الكهرباء مقدارها جزء من الأمبير أن تؤدي، إذ تعرض لها ثانية أو ثانيتين، إلى الموت. وليس شائعاً أن يقتل أحدهم بالصاعقة إذا كان داخل البيت؛ فأغلبية حالات القتل بالصاعقة تحدث في

الهواء الطلق حيث لا تتوفر للضحايا وسائل حماية كالبيت أو الآليات.

ب. حرائق الغابات:

تحدث الصاعقة قرابة (٢٠٠) مليون ضربة في الغابات والأراضي الخضراء من عالمنا كل سنة. وهي تؤدي إلى نشوب حرائق تبلغ كلفة إخمادها نحو (١٠٠) مليون دولار. ففي كندا، فإن أكثر من (٢٠٪) من حرائق الغابات (٤٠٪ في كولومبيا البريطانية) تسببها الصاعقة، كما أن الصاعقة تشعل الشرارة الأولى لحوالي (٢٠٠٠) حريق سنوياً في الممتلكات الخاصة بكندا.

وتكون الأشجار، كالسفن، أهدافاً طبيعية للصاعقة. فهي نواقل جيدة للكهرباء بسبب رطوبتها الدائمة. وهذا يعلل سبب خطورة الوقوف تحت الأشجار وقت حدوث عواصف الرعد. وعندما يضرب البرق شجرة في وسط الغابة تكون النتيجة حريقاً فيها غالباً.

تؤدي الشحنات التي تصل بين السحابة الرعدية والأرض إلى نشوب عشرة آلاف حريق في الغابات الأمريكية في المتوسط كل عام، ويتم السيطرة على معظمها وإخماده في المهد. أما الباقي منها، الخارج عن إمكانية السيطرة، فهي السبب في ما يقع من خسائر.

وقد تكون هذه القلة من الحرائق شديدة التدمير؛ ففي عام (١٩٧٠م) وحده أحرقت النيران مساحات شاسعة من جنوب كاليفورنيا، مما جعلها تُعتبر منطقة منكوبة. وأسفرت الحرائق عن مقتل أربعة عشر رجلاً وتدمير ثمانمائة مسكن ومبنى، كما قضت النيران على ستمائة ألف فدان من الغابات وأماكن تجميع المياه.

وفي كل سنة تسبب الصاعقة إشعال نحو (١٠٠٠٠) حريقاً في الولايات المتحدة الأمريكية فقط، محدثة تدميراً في الأخشاب قيمته حوالي (٥٠) مليون دولار[1].

وفي كندا كان معدل مجموع الحرائق سنوياً يساوي (٢٥٠٠) حريق بين عامي (١٩٦٩- ١٩٧٣)، وهذا ما أدى إلى إحراق ما ينوف عن (٨٠٠) ألف هكتار من الغابات .

وفي عام (١٩٧٤) وحده،أحرقت الصواعق مساحة (٤٠٠) ألف هكتار. ويعزى إلى الصواعق أكثر من (٢٠٪) من حرائق الغابات الكندية.

وقد حذر رئيس قسم المحافظة على البيئة في كاليفورنيا (مارفن دودخ)، بأن المزيد من الحرائق العديدة المدمرة ستندلع هناك بسبب تراكم مخلفات الوقود في المناطق البرية من غربي الولايات المتحدة.

١١ـ١ـ٣.آثار الرعد:

إن صوت الرعد المرافق للبرق والصاعقة، يشكل موجة صدمية اهتزازية قوية تؤثر على الطبقة السطحية من التربة مؤدية إلى اهتزازات ضعيفة فيها وشقوق خفيفة.

ليس هذا فقط، بتل أن الرعد الشديد القريب من الإنسان الذي أشبه بأصوات المدافع القوية، عامل قلق وإزعاج واضطراب، فهو يزعج الإنسان ويقض مضجعه في نومه وأوقات راحته، ويجعله مضطرباً في صحوه، ويؤثر على سمعه في مناطق تكراره الكثيرة. كما يقلل

(1) - Ahrens, C.D; Op.Cit,P.412.

الرعد من إنتاجية الإنسان الفكرية والجسدية. ولربما يؤدي في بعض الحالات إلى أضرار جسمانية، تتمثل في عمليات إسقاط لبعض الحوامل. ومثل ذلك تتعرض له بعض الحيوانات الثدية.

١١ . ٢ . الآثار الإيجابية للصاعقة والبرق:

يسهم البرق والصاعقة في الجو في عملية تحول غاز الآزوت الجوي إلى غاز النشادر وأوكسيد الآزوت، وقد يذاب النشادر في قطرات المطر وهي هاطلة إلى سطح الأرض مكسباً إياها خصوبة، ومادة غذائية للنباتات. كما وتتحول أكاسيد الآزوت إلى حمض الآزوت (HNO_3)، ليكون مع مواد الأرض نترات طبيعية هي بمثابة أسمدة طبيعية للتربة، تساعد بعض أنواع النباتات الدرنية (كالكمأة) على النمو والتكاثر.

ولقد ربط الفلاحون ما بين الرعد والصاعقة وكثرة نمو الكمأة، وإنتاجيتها؛ إذ يقولون أن السنوات التي تكثر فيها العواصف الرعدية تتواجد الكمأة بكثرة، والعكس صحيح. وفي ذلك القول جانب من الصحة، لما يقوم به البرق والصاعقة في توليد حمض الآزوت في الجو الذي يذوب في المطر، ويصبح سماداً للأرض.

الفصل الثاني عشر

المدلولات التنبؤية للعواصف الرعدية

١٢ - ١ - مدلولات البرق

١٢ - ٢ - مدلولات الرعد

١٢ ـ ١ ـ مدلولات البرق:

كان العرب يعتمدون على وضع البرق وامتداده وتشعبه من جهة، وطريقة لمعانه وشدته من جهة أخرى، في الاستدلال على الحالة الجوية اللاحقة له، هل ماطرة، أم لا؟

قال أبو صالح الفزازي: كنا نقول إذا رأيت البرق في أعلى السحابة أو في جوانبها فهي بإذن الله ماطرة غير مخلفة. وإذا رأيت البرق في أسفلها فقد أخلفت[1]. وإذا ما كان يشق شقاً من أعلى السحابة إلى أسفلها فهو دليل المطر[2].

وإذا كان لمعان البرق شديداً وكثيراً كان من علامات المطر. فإذا لمعت السحابة سبعون برقة وثقوا بالمطر ثقة كبيرة. كما أنه إذا كان البرق وليفاً ـ أي يلمع لمعتين لمعتين ـ كان ذلك دليل المطر المؤكد عندهم. وإذا تتابع لمعان البرق دون انقطاع كان مخيلاً للمطر. وإذا كان البرق خفواً، كان دليلاً على الغيث. أما البرق الذي لمعانه خلبياً، فإنه لا يدل على المطر وغير جالب له. وكان عرب الجزيرة العربية يجعلون البرق يمانياً لأنه إما أن يكون متتابعاً أو وليفاً أو خفواً، ولا يجعلونه أو يحبونه شامياً لأن أكثر البرق الشامي خلبي، وهذا يدل على أن المطر للجنوب عندهم.

---

(١) ـ المرزوقي؛ ج ٢/ ٣٦٤.

(٢) ـ ابن دريد الأزدي؛ مصدر سابق، ص ٤.

ويروى عن الأصمعي؛ إنه كان شيخ من الأعراب في خبائه، وابنة له بالفناء إذ سمع رعداً ، فقال: ما ترين يا بنية؟ قالت: أراها حواء قرحاء كأنها أقراب أتان قمراء. ثم سمع راعدة أخرى فقال: كيف ترينها؟ فقالت: أراها جمة الترجاف، متساقطة الأكناف، تتألق بالبرق الولاف، قال: هلمي المعزقة وانأي نؤياً[1].

والمقصود بهلمي المعزقة وانأي نؤياً ، أي اجمعي التراب حول البيت لئلا يدخله المطر الشديد المرتقب حدوثه.

وفي حديث للنبي محمد (ص) يسأل أصحابه عن سحابة: كيف ترون برقها: أو ميضاً أو خفواً أو يشق شقاً؟ فقالوا: بل يشق شقاً ، قال: فكيف ترون جونها؟ قالوا: ما أحسنه وأشد سواده. فقال (ص): الحيا[2]؛ أي المطر الوفير. فالبرق الشق وفير الأمطار، والخفو مصحوب بالأمطار إلا أنها أقل من البرق الشق.

وكلما كثر البرق ومال لون ضوئه للحمرة واشتد صوت الرعد، كان الهطول أغزر وأوفر، مما لو كان البرق مائل لونه للأبيض وصوت الرعد خفيفاً، لأن اختلاف اللون في نظر الأقدمين من نتاج اختلاف كثافة مكونات السحابة الرعدية وحجم مكوناتها[3].

ومما قيل في البرق من أمثال في سورية، نذكر المثل التالي: (اللمع اللاذقاني صادقاني). وهذا يعني أن الناس يتفاءلون بالبرق الغربي والشمالي الغربي والجنوبي الغربي، أي الناتج من سحب قادمة من البحر.

---

(١) ـ المصدر السابق نفسه؛ ص ٢٤.

(٢) ـ ابن الأجدابي؛ الأزمنة والأنواء، ص ١٧٠.

(٣) ـ ابن رشد؛ مصدر سابق، ص ١٤.

١٢ . ٢ . مدلولات الرعد:

كلما كان الرعد قوياً متواصلاً، أعقبه مطر شديد الغزارة لفترة زمنية محددة. أما الرعد ذو الصوت الضعيف (الأزيز) فمتبوع بمطر أقل غزارة وأكثر ديمومة. ومن أنواع الرعد المشهورة بما تدل عليه من سحب محملة بالماء، هو الرعد المتدارك الصوت (المرتجز أو المرتجس) الذي يعقبه مطر وفير وغزير• وترجز السحاب، إذا تحرك تحركاً بطيئاً مائه(١). وقال الراعي:

رجافاً تحنُّ المزن فيه   ترجز من تهامة فاستطارا

وغيث مرتجز؛ أي ذو رعد(٢)

ويروى عن الأصمعي: إنه سأل أعرابي عن مطر، فقال:

استقل سد مع انتشار الطفل فشصا واحزأل، ثم اكفهرت أرجاؤه، واحمومت أرحاؤه، وابذعرت فوارقه، وتضاحكت بوارقه، واستطار وداقه، وارتتقت جوبه، وارثعن هيدبه، وحشكت أخلافه، واستقلت أردافه، وانتشرت أكنافه، فالرعد مرتجس والبرق مختلس، والماء منبجس... إلخ(٣).

---

(١) ـ لسان العرب؛ ج ٧ /٢١٨.

(٢) ـ لسان العرب؛ ج / ٥ ٣٥٢.

(٣) ـ ابن دريد الأزدي؛ مصدر سابق، ص ٩.

شرح المفردات: استقل: ارتفع في الهواء. السد: السحاب الذي يسد الأفق. الطفل: اختلاط الظلام بعد غروب الشمس. شصا: ارتفع السحاب. احزأل: انتصب. ارتقت جوبه: تلاءمت، والجوبة هي الفرجة. حشكت أخلافه: امتلأ بالماء. الرعد مرتجس: صوته شديداً. البرق مختلس: شديد اللمعان. الماء منبجس: يصب بغزارة.

وكان الناس يستدلون من كثرة الرعد وشدته الذي يحدث في شهري كانون الأول والثاني على تساقط الثلج في شباط، حيث قالوا: (كل رعدة بكانون ثلجة بشباط)، إذ ربطوا ما بين كثرة الرعد في كانون وخاصة الثاني، وكثرة تساقط الثلج في شباط. فشباط في سورية أكثر الشهور ثلجاً، وكانون الثاني أكثرها رعداً[1].

بجانب ما لكثرة الرعد والبرق في فصل الشتاء من أهمية في نمو نبات الكمأة وثمارها الشهيرة ووفرتها بازدياد البرق والرعد.

(١) ـ علي حسن موسى؛ الأحوال الجوية في الأمثال الشعبية، ص ٧٩.

الفصل الثالث عشر

طرق التنبؤ بالعواصف الرعدية والحد من مخاطرها

١٣ . ١ . الكشف عن العواصف الرعدية.

١٣ . ٢ . التنبؤ بالعواصف الرعدية.

١٣ . ٣ . الوقاية من الصاعقة.

١٣ . ٤ . مانعات الصواعق.

١٣ ـ ١ ـ الكشف عن العواصف الرعدية:

كما ذكرنا سابقاً، فإن سحب العواصف الرعدية، تقترن بظواهر جوية خاصة دالة عليها:

١ ـ برق وصاعقة ورعد.

٢ ـ أمطار انهمارية غزيرة ذات قطرات كبيرة تحدث ما يعرف بالفيضانات الوميضية.

٣ ـ سقوط حبات البَرَد بأحجام مختلفة يزيد قطر البعض منها عن (٢) سم.

٤ ـ الامتداد الرأسي الكبير لخلية (حجيرة) سحابة عاصفة رعدية من قرابة مستوى سطح الأرض (٥٠٠م فما دون أحياناً) وحتى سقف طبقة التروبوسفير (١٨ كم في العروض المنخفضة و١٢ كم في العروض الوسطى).

ومن الطرق المستخدمة عالمياً في الكشف عن العواصف الرعدية، نذكر:

١٣ ـ ١ ـ ١ ـ أجهزة رادار الطقس (Weather Radar):

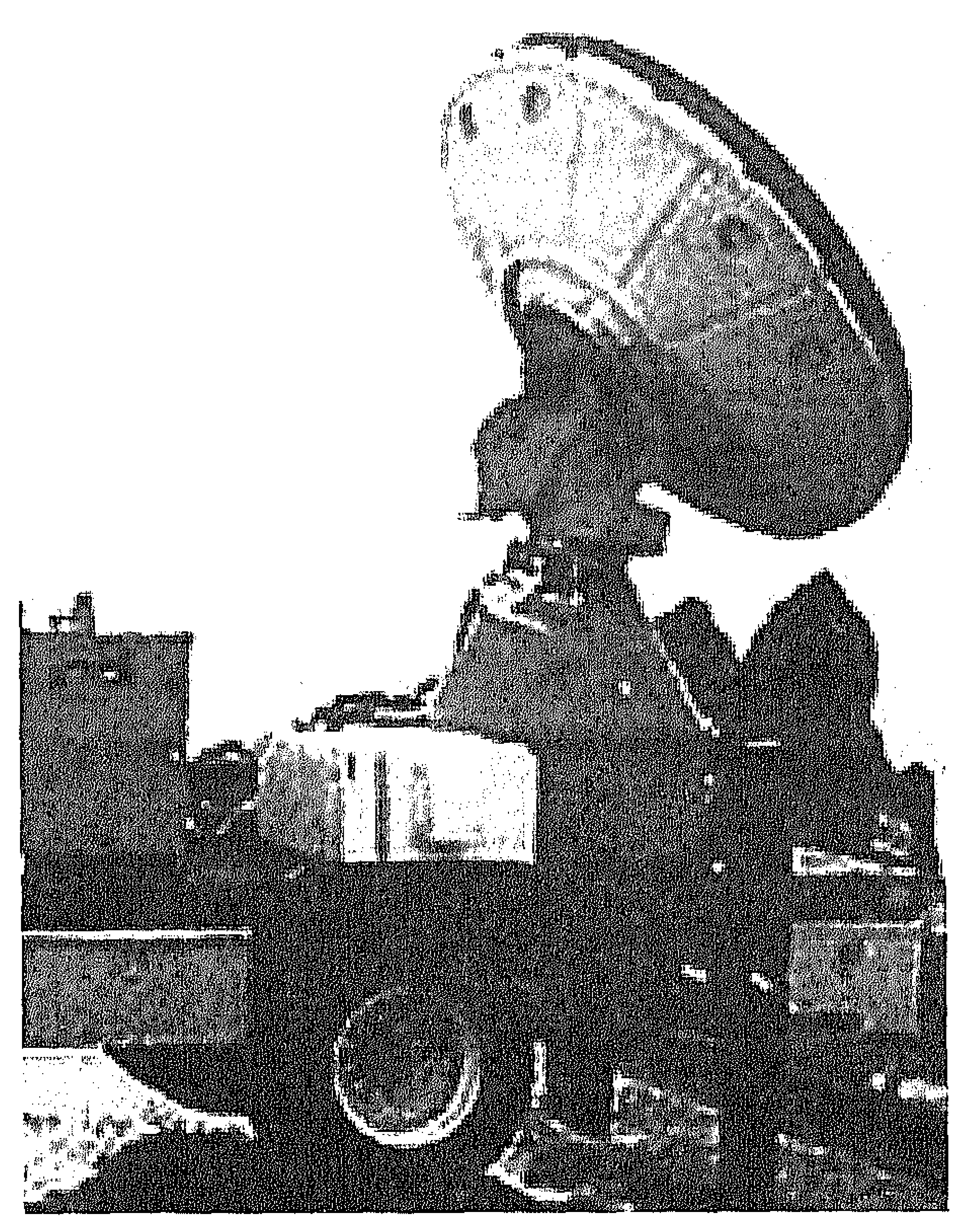
رادار الطقس هو الأداة الأولى التي استخدمت في العالم للكشف عن مكان وجود سحب العواصف الرعدية، وبالتالي تحديد بُعدها، وإمكانية مراقبة حركتها ووجهتها، وذلك بالاعتماد على الهطول من

تلك السحب (أمطار غزيرة وبَرَد). حيث أنه بإرسال حزمة شعاعية ميكروية (Microwave) من جهاز الرادار ـ شكل (٣٦) ـ، فإنها باصطدامها بقطرات المطر وحبات البَرَد وشرائح الثلج، فإنها تنعكس مرتدة باتجاه الجهاز الذي يتلقاها ويسجلها على شاشته، وبحساب الزمن المنقضي بين زمن إرسال الحزمة وتلقيها بعد انعكاسها وقسمة الناتج عن اثنين، يمكن تحديد موقع العاصفة الرعدية التي تتخذ لها صورة بقعية على جهاز الرادار، وكذلك يحدد بعدها عن مكان الرصد بالرادار، وبإرسال عدة حزم رادارية متوالية بفوارق زمنية، يمكن تحديد مدى اقتراب العاصفة الرعدية.

ويستطيع رادار الطقس التقليدي أن يكشف عن نموذج وكمية ومعدل التهطال. أما الرادار الحديث نسبياً المعروف برادار دوبلر (Doppler Radar) فهو يستطيع أيضاً أن يقيس السرعة التي يتحرك فيها التهطال في منطقة تغطية (مجال) الرادار، وكذلك القص الريحي (Wind Shear) والجبهات النوئية والنماذج الإعصارية. ويحدد بالتالي نوعية العاصفة الرعدية حسب درجات عنفها.

ويمكن لرادار الطقس الواحد أن يمسح منطقة نصف قطرها نحو (٣٢٥ كم)، علماً أن أفضل مدى للكشف عن سحب العواصف الرعدية هو بين (١٢٠ ـ ١٥٠ كم). وتكاد تغطي رادارات الطقس نحو (٩٥٪) من المناطق المسكونة في كندا، والولايات المتحدة وأوروبا.

وللرادار المقام على جبل فوجي ياما باليابان شهرة كبيرة، إذ يبلغ مداه نحو (٨٠٠) كم.



شكل (٣٦) رادار الطقس

١٣ . ١ . ٢ . الأقمار الصناعية (Satellites):

في الليل كما في النهار، فإن الأقمار الصناعية ترسل صوراً عن السحب المتشكلة في الجو فوق مساحات كبرى من الأرض، بحيث تكاد أن تغطي صور الأقمار الصناعية كافة مناطق الأرض، لنجدها بذلك تطال مناطق حدوث العواصف الرعدية التي تقع خارج مدى محطات الأرصاد الجوية السطحية ومواقع الرادار.

وعادة، فإن قطر العواصف الرعدية يقل عن (٨٠كم). والبعض

منها لا يمكن رؤيتها على شاشة الرادار، ولكنها تظهر جلية في صور الأقمار الصناعية. وبذلك، فإنه بالإضافة إلى معلومات الرادار والرصدات التقليدية، فإن صور الأقمار الصناعية يمكنها أن تعطي صورة كاملة ومتكاملة للدورة الحياتية للعاصفة الرعدية.

١٣ . ١ . ٣ . مراقبي الطقس الطوعيين (Volunteer Weather Watchers)

في العديد من دول العالم، هناك آلاف المراقبين الطوعيين المتمرسين (ذوي الخبرة)، الذين يقومون برصد السماء وتقدير الحالة الجوية لما لهم من خبرة في ذلك، وخاصة الظواهر العنيفة كالظواهر الرعدية ـ ما كان منهما بقعياً ـ والتورنادو، وظواهر جوية أخرى عنيفة. ويعملون على ارسال تقاريرهم السريعة بذلك عبر وسائل الاتصال المتعددة، إلى الجهات المسؤولة، ليصار إلى إصدار التحذيرات عبر وسائل الإعلام المختلفة.

ورغم الخراب والدمار الذي تحدثه العواصف الرعدية العنيفة، فهي عادة ظواهر جوية ذات مقياس صغير وفترة حياة قصيرة. وعادة فإنه لمن الصعوبة على المتنبئ الحصول عن معلومات كافية لمعرفة ما إذا كانت العاصفة ذات حجم كبير بشكل مميز. ولذلك تبقى الخدمات التي يقدمها المراقب الطقسي الطوعي بملاحظته الدقيقة والآنية للعواصف العنيفة، ذات فائدة كبيرة لهيئات الأرصاد الجوية في العالم.

١٣ . ٢ . التنبؤ بالعواصف الرعدية:

من الصعوبة بمكان التنبؤ بحدوث العواصف الرعدية في سحبها المتشكلة لأسباب حرارية، كما يحدث في الربيع في سورية، وأحياناً في

فصل الخريف، وفي نصف السنة الصيفي عموماً في العروض المعتدلة الباردة. لأن هذه السحب تتصف بمحليتها وبآنية تشكلها، وبعدم تحركها في وجهة خطية محددة المساق، لأنها تنتشر فوق مناطق التسخين الشديد باتخاذها شكل خلايا أو حجرات منفردة، وهي ما توصف عادة بالسحب الرعدية البقعية (Spot Thunderstorm)، التي لا يتجاوز قطرها (امتدادها الأفقي) أحياناً كيلو مترين، بل قد يكون بضع مئات الأمتار في بعضها، ولا يمكن معرفة إلى أين ستتجه، إلا إذا كان هناك إعاقات جبلية، كونها تتبع - ليس في حركتها وإنما في استمرار قوة رفع الهواء وتشكل حجيرات منها - المناطق الأخفض الأعلى حرارة.

غير أنه في المناطق الاستوائية ذات الأمطار الحملانية المقترنة شدتها بسحب العواصف الرعدية (الركام المزني) فيمكن التنبؤ بها بسهولة، لكون النشاط الحملاني الشديد للهواء الذي يؤدي إلى تشكلها يبلغ أشده في ساعات بعد الظهيرة يومياً تقريباً.

وأحياناً في المناطق الداخلية من بلادنا، تشتد الحرارة ارتفاعاً بصورة غير مألوفة في بعض ساعات النهار في فصل الربيع خاصة والخريف أحياناً، مؤشراً ذلك على تغير سريع في الحالة الجوية، يقترن به تشكل سحب العواصف الرعدية، وفي ذلك قيل القول التالي (الشمس مطرودة)؛ بمعنى متبوعة بتغير في الحالة الجوية وسحب ركام مزني مصحوبة ببرق ورعد وصاعقة وأمطار أو بَرَد.

أما بالنسبة للسحب الرعدية التضاريسية، فهي تشكل امتداداً مساحياً كبيراً، وهي متحركة مدفوعة بالرياح التي تسوقها على منحدرات الجبال المواجهة لها. ولذا فالتنبؤ بها، مقترن بمعرفة مواعيد

هبوب تلك الرياح الرطبة الدافئة نسبياً فوق الجبال المشكلة لها، وسرعة هبوب تلك الرياح قبل صعودها وفي أثناء صعودها فوق المنحدر الجبلي وتشكل تلك السحب وضخامتها، وكل ذلك يجب أن يدخل في الحسبان، ومثل هذا يحدث في مناطق المناخ الموسمي من العالم، كما هو فوق المنحدرات الغربية لجبال الغات الغربية في الهند - كمثال -.

وبما أن مثل تلك السحب الرعدية التضاريسية تتحرك في وجهة محددة، تحددها وجهة الرياح المشكلة لها والدافعة إياها، لذا كان التنبؤ بموسم حدوث العواصف الرعدية أمر ممكن، وكذلك التنبؤ بأوقات بلوغها المحتملة إلى هذه المنطقة أو تلك وفعاليتها، ما دامت تتحرك بوجهة وسرعة معلومتين.

وتبقى السحب الرعدية الجبهية التي تتشكل بوجه خاص على طول الجبهات الباردة من المنخفضات الجوية الجبهية، تلك المنخفضات التي تتحرك في وجهة معلومة بصورة خطية، وبسرعات معينة معروفة، هي التي يمكن أكثر من غيرها التنبؤ باحتمالات تشكلها وأوقات حدوثها ومناطق تأثيرها.

١٣ . ٣ . الوقاية من العواصف الرعدية:

إذا ما سمعنا عن أن عاصفة رعدية عنيفة مقتربة من منطقتنا. أو أن الظروف المحلية - من ارتفاع شاذ في الحرارة مقترن مع وجود رطوبة جوية -، ملائمة جيداً لتشكل وتطور العواصف الرعدية العنيفة، فإنه يجب أخذ الحيطة والأمان وذلك باتباع ما يلي:

١ ـ وضع الأجسام الحرة كالأثاث المنزلي خارج المنزل.

٢ ـ وضع السيارة في الكراج.

٣ ـ وضع الحيوانات المنزلية في الأسطبل الخاص بها.

٤ ـ تحضير الحاجيات الضرورية، كالأغذية المعلبة، والثياب، والأغطية المنزلية، وبعض الأدوية الإسعافية، وأجهزة إضاءة خشية انقطاع التيار الكهربائي.

وإذا سمعت تحذيراً بعاصفة رعدية عنيفة؛ وهذا يعني احتمال كبير جداً لحدوث عاصفة رعدية عنيفة في منطقتك، فلابد من حيث أنت من التصرف بسرعة للوقاية من مخاطر الصاعقة، وذلك باللجوء إلى:

١ ـ التزام الهدوء والتصرف بوعي وحيطة.

٢ ـ إذا كنت في قارب أو في حالة سباحة في بحر أو نهر، اتجه فوراً نحو اليابسة أو إلى مكان آمن. مع العلم أن الصاعقة يمكن أن تضرب مكاناً يبعد عن موقع وجودها العمودي عدة كيلومترات. ولذا يجب أخذ الحيطة والحذر حتى إذا لم تكن العاصفة الرعدية فوق رأسك مباشرة.

٣ ـ وإذا فوجئت بالعاصفة الرعدية وأنت خارج المنزل، فاذهب سريعاً إلى داخله إن استطعت. وإذا لم تستطع، فتحرك إلى منطقة منخفضة (وادي) أو إلى تحت جرف (منحدر شديد صخري)، وإلى الفسحات المنفتحة، وإلى الملاعب الرياضية.

٤ ـ الابتعاد عن الأشجار المنعزلة، وتجنب حافة الغابة أو الحرش، والأسيجة المعدنية. ويمكن اللجوء إلى الأشجار القصيرة داخل الغابة، ولكن دون الاقتراب من الأشجار الطويلة، فهي

أقل خطورة من الأشجار في المنطقة المفتوحة.

٥ - ابق بعيداً عن الأجسام الناقلة للكهرباء؛ كالجرارات الزراعية (التراكتورات)، وعربات الغولف، ومضارب الغولف، والدراجات النارية، والدراجات العادية، والحصادات، وجزازات الحشائش.

٦ - لا تستخدم مضارب الغولف المتأرجحة. ولا تمسك بيدك المظلة، أو قضيب سنارة الصيد.

٧ - انتزع الحذاء إذا كانت فيه حوافظ معدنية.

٨ - لا تقترب إلى أكثر من (٣٠ م) من أعمدة الهاتف، وسواها.

٩ - وفي أثناء عاصفة رعدية عنيفة إن كنت في حالة سفر؛ فاحرص على البقاء في السيارة، وابقِ نوافذها مفتوحة نسبياً، وتجنب أن تقف بسيارتك بالقرب من خطوط نقل الطاقة الكهربائية.

فإذا ما ضربت صاعقة سيارة، فإنها تترك ركابها دون إصابتهم بأي أذى - شريطة أن تكون نوافذها مفتوحة نسبياً -، لكونها تشكل ممراً سريعاً للتيار الكهربائي الصاعقي إلى الأرض عبر الغطاء المعدني الخارجي للسيارة. ويمكن للصاعقة أن تقفز إلى الطريق عبر الهواء، أو أن تبلغ طريق السيارة عبر العجلات.

١٠ - إذا كنت داخل المنزل أثناء عاصفة رعدية، فعليك أن لا تغلق الأبواب والنوافذ، باستثناء ما كان ضرورياً للوقاية من دخول المطر الهاطل.

١١ - الابتعاد عن هوائي الراديو، والخطوط الكهربائية، وخطوط

الهاتف، وأنابيب المياه المعدنية، لكونها جميعها ذات ناقلية جيدة للكهرباء وللصاعقة.

١٢ ـ لا تدخل الحمام وتستحم. وأجّل مكالمات الهاتف، ولا تمسك بيديك قطع نقدية معدنية، وأبعدها عن جيوبك إن أمكن. ولا تستخدم جهاز الهاتف الخليوي، وإذا كنت في المنزل، فضعه بعيداً عنك قليلاً. كذلك ينصح بعدم لمس التلفزيون، وتغيير محطاته، خاصة في التلفزيونات الموصولة بأجهزة استقبال فضائية، والأفضل عدم تشغيله بل الأجدى هو سحب سلك هوائي التلفزيون من الجهاز، كي لا يسلك الهوائي سلوك مانعة الصواعق، بحيث تضرب جهاز التلفزيون في داخل الغرفة.

١٣ ـ على الناس الذين يتواجدون في المزارع والبوادي.. وغيرها من المناطق المفتوحة؛ الابتعاد عن النقط الناتئة من سطح الأرض الأكثر ارتفاعاً لما يجاورها (شجرة، بناء منعزل، مكان أثري مرتفع، مآذن الجوامع، تل، هضبة، حافة مرتفعة... إلخ)، لكون تلك الأماكن مهيأة أكثر من غيرها لضربة الصاعقة بسبب كثافة شحنتها المعاكسة (+) لشحنة قاعدة السحابة (-)، ولكونها أكثر قرباً منها.

١٤ ـ إذا كنت على أرض سهلية (مستوية)، فحاول أن تبقى رأسك منخفضاً قدر الإمكان، ولكن لا تتمدد منبطحاً على سطح الأرض بتماس معه، بسبب أن أقنية الصاعقة عادة ما تنبعث خارجاً على الأرض عند نقطة ضربة الصاعقة، ومن ثم فإن

التيار الصاعقي الكهربائي السطحي سيصل إليك ويمكنه الانتقال ضمن جسمك، مسبباً الأذى أو حتى الموت. وعليه، فإن على الإنسان أن يحني جسمه منخفضاً قدر الإمكان، إلى الحد الأدنى لمنطقة التماس مع الأرض، ولكن دون تماس معها.

وهناك بعض الإشارات (الدلائل) المنذرة للإنسان بضربة الصاعقة؛ كما في: انتصاب شعر الرأس، أو بداية الشعور بوخز خفيف في الجلد، وحدوث قرقعة أصوات في الأذن، وهذه إنذارات بأن الصاعقة ربما ضربت حولك وأنها قريبة منك. وإذا كنت واقفاً بانتصاب، فاعلم أنك يمكن أن تعمل عمل مانعة الصاعقة.

١٣ . ٤ . مكافحة الصاعقة والحد من مخاطرها:

لم يقف إنسان العصر الحاضر مكتوف الأيدي أمام ضربات الصاعقة المحرقة والمميتة والمدمرة، بل حاول جاهداً البحث عن وسائل وأدوات تخفف من شدة ضرباتها، وأخرى تبددها أو تغير من وجهتها. وأكثر ما اشتهرت واستعملت مانعات الصواعق.

١٣ . ٤ . ١. مانعات الصواعق:

من الطرق المتبعة للحماية من الصاعقة وأخطارها استخدام ما يعرف باسم مانعات الصواعق، والتي هي عبارة عن قضيب معدني مؤنف (مدبب) مصنوع من النحاس، يُرفع فوق الأبنية بعلو معين، يتصف بناقليته النوعية الكهربائية العالية. وقد اختير الطرف المدبب للمانعة لكي تكون كثافة الشحنات المعاكسة (+) هائلة، بحيث تستقطب الشحنات السالبة المنطلقة من قاعدة السحابة مباشرة. ويوصل الطرف السفلي لمانعة الصواعق

بسلك معدني غليظ يمر بطرف البناء إلى الأرض حيث يغمر طرفه عبر صفيحة معدنية بداخلها، أو في بئر مائي. ـ شكل (٣٧) ـ ويفضل أن تكون الصفيحة المعدنية خارج أساسات (قواعد) البناء ،أو تكون التربة المحيطة بها رطبة بصورة دائمة، ومجال حماية مانعة الصاعقة نحو (٤٥) درجة من طرف القصب العلوي.

١٣ . ٤ . ٢ . التحكم في الصاعقة:

لقد تمت العديد من المحاولات في النصف الثاني من القرن العشرين ومستمرة فيما مضى من القرن الحادي والعشرين، في سعي لمكافحة الصواعق إما بتبديدها وتشتيتها وهي في طريقها من قاعدة السحب الرعدية، أو بحرف مساراتها.

١ . **المحاولات الأولى:** اعتمدت على التخفيف من شدة الساحة (المجال) الكهربائية فيما بين سطح الأرض وقاعدة السحابة الرعدية، عن طريق زيادة ناقلية الهواء للكهرباء. مما ينجم عنه تخفيض فرق الكمون الكهربائي، وبالتالي منع توليد تيار كهربائي من قاعدة السحابة إلى الأرض. ولقد اعتمد العلماء في ذلك على رش كميات من مادة العصافة (Chaff) ـ وهي عبارة عن فيبران نايلون معدني ـ تحت سحب الركام المزني بواسطة الطائرات، بحيث تغدو كل ذرة من الفيبران ذات قطبين أحدهما موجب والآخر سالب، لتقوم كل ذرة بجذب إليها عدداً من الشحنات الموجبة والسالبة الموجودة في قاعدة السحابة وتحتها، مما يؤدي إلى بعثرة الشحنات ومنعها من تشكيل كتلتين كبيرتين إحداهما موجبة والأخرى سالبة. وهذا ما يعمل على زيادة ناقلية

الهواء للتيار الكهربائي، مما يمكنه من منع حدوث الصاعقة.

٢ . المحاولات الأخرى؛ وتتمثل في :

أ . قدح الصاعقة: بإرسال صواريخ صغيرة تجر وراءها سلكاً رقيقاً مؤرضاً، يستقطب الشحنات الكهربائية المفرغة من السحابة وليمنع بلوغها سطح الأرض.

ب . استخدام الليزرات لتغيير مسار الصواعق واستقطابها إلى وجهة محددة، وتجنب المنشأت والمناطق الحيوية من أخطارها[١].

١٣ . ٤ . ٣ . التخفيف من آثارها:

من الوسائل التي استخدمت من أجل التخفيف من آثار الصاعقة، إقامة شبكة من الهوائيات للكشف عن اتجاه صواعق العواصف الرعدية (Direction – Finding Antennas) فوق منطقة محددة.

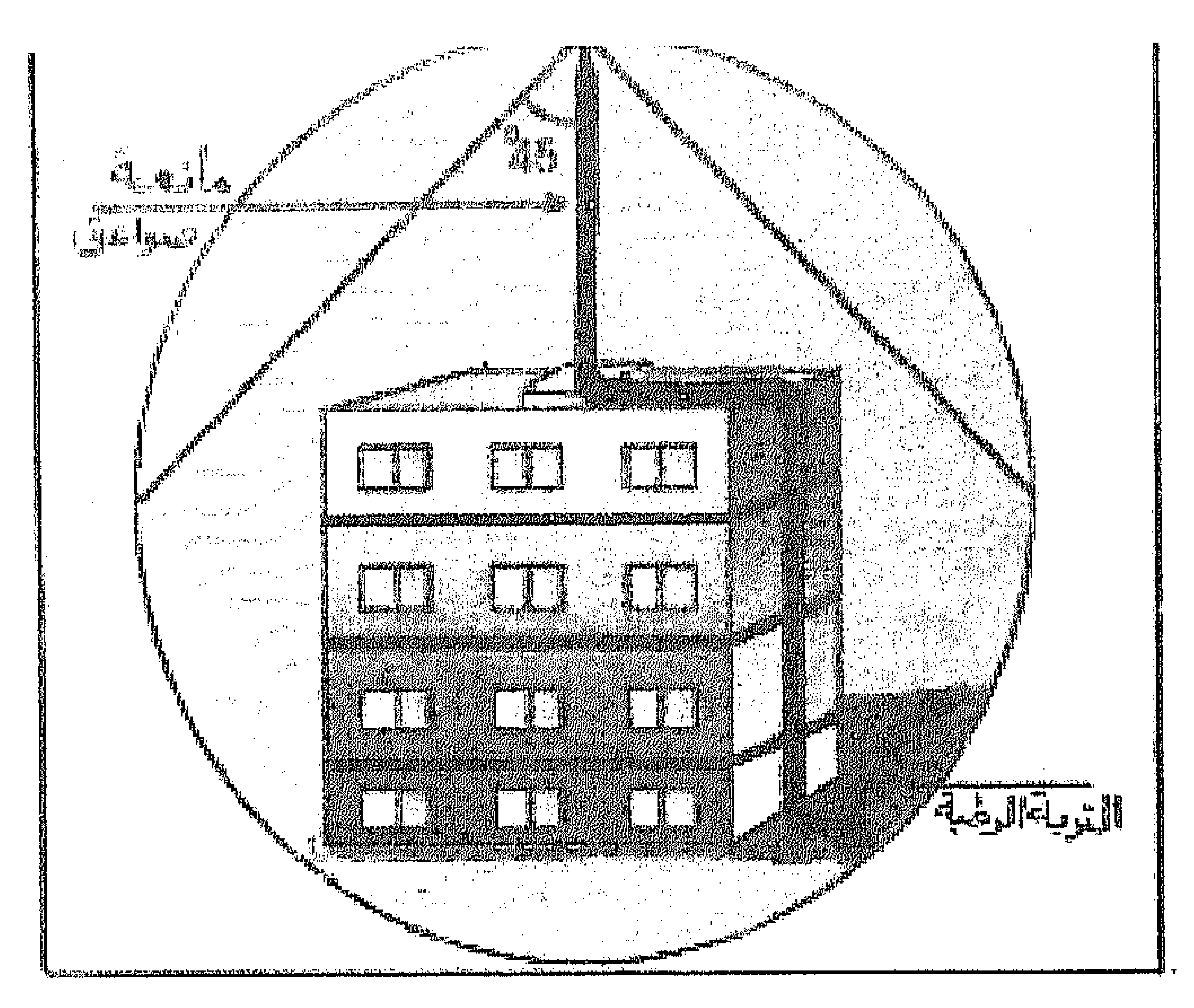
وهذا ما تم فعله في معظم الولايات الأمريكية في الثمانينات والتسعينات من القرن الماضي، والتي تجاوز (١٠٠) محطة مهمتها استشعار وكشف حدوث الصاعقة في أجزاء الولايات المتحدة المعمورة وغير المعمورة [٢].

إذ تستطيع تلك الكاشفات تحديد مكان ووجهة حدوث التفريغات الكهربائية، والأماكن التي تعرضت للصاعقة، مما يساعد ذلك على سرعة معالجة آثار الصاعقة من حرائق، وتخريب في خطوط ومحطات توليد الطاقة... الخ.

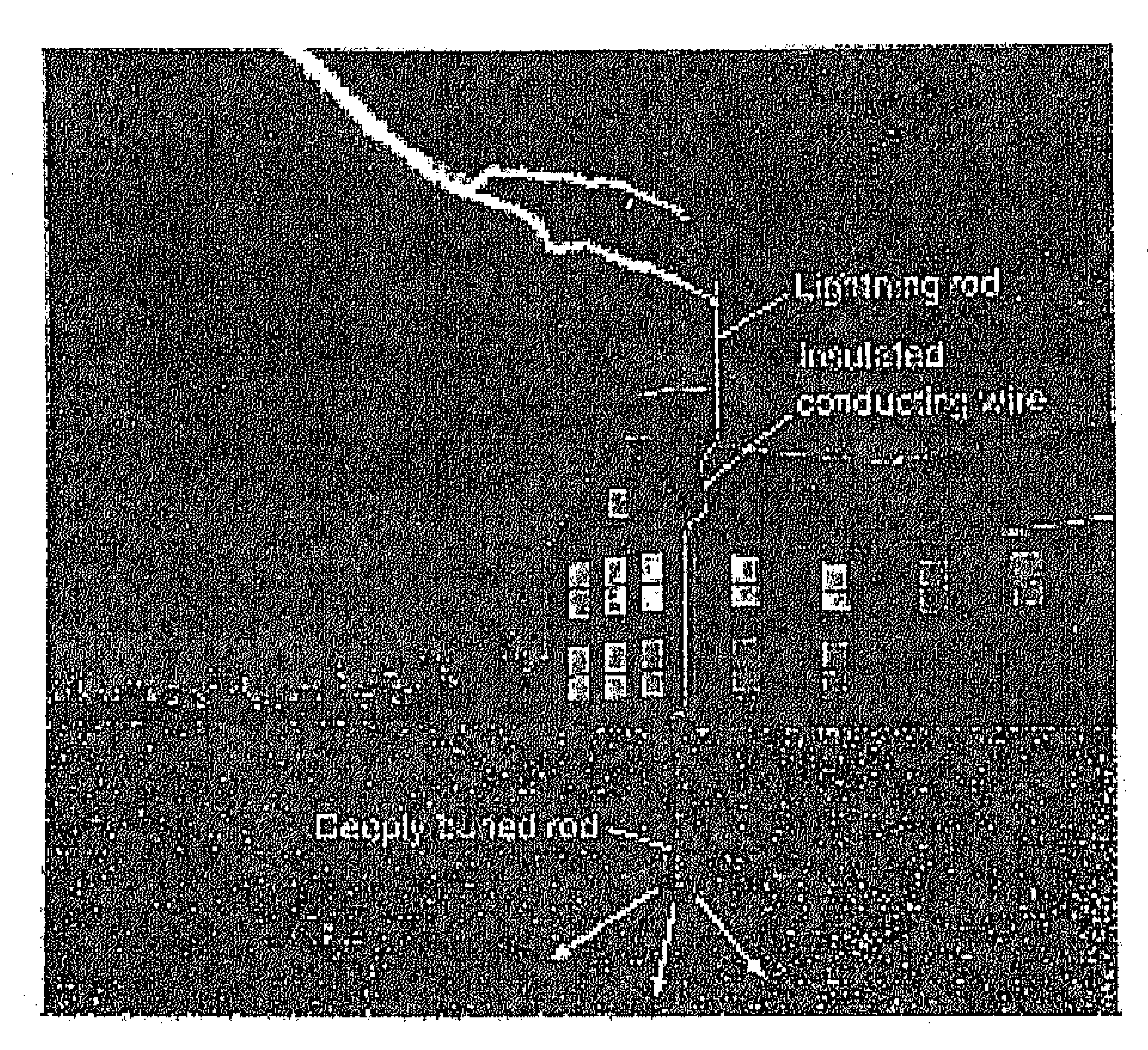
---

(١) . ديلز، ج، س، وآخرون؛ التحكم في البرق بوساطة أشعة الليزر. مجلة العلوم الأمريكية، مجلد ١٣، عدد ١٠، ١٩٩٧، ص ١٢ . ١٥.

(٢) . المرجع نفسه؛ ص ١١ . ١٢.



شكل (٣٧) مانعة صاعقة



شكل (٣٧) مانعة صواعق

المصادر والمراجع

١ ـ ابن الأجدابي؛ الأزمنة والأنواء٠ تحقيق: عزة حسن، وزارة الثقافة، دمشق، ١٩٦٤.

٢ ـ ابن دريد الأزدي؛ وصف المطر والسحاب وما نعتته العرب الرواد من البقاع. تحقيق: عز الدين التنوخي؛ مطبوعات المجمع العلمي العربي. دمشق ،١٩٦٣.

٣ ـ ابن رشد؛ رسائل ابن رشد: كتاب السماء والعالم. وكتاب الآثار العلوية. ط١، حيدر آباد، الهند، ١٩٤٧.

٤ ـ ابن سينا؛ الشفاء: الطبيعيات ـ المعادن والآثار العلوية. تحقيق: عبد الحليم منتصر وآخرون، القاهرة، ١٩٦٥.

٥ ـ ابن منظور؛ لسان العرب ٠ دار صادر، بيروت، ١٩٦٥.

٦ ـ أبو هلال العسكري؛ كتاب التلخيص في معرفة أسماء الأشياء٠ تحقيق: عزة حسن، مجمع اللغة العربية، دمشق، ١٩٦٩.

٧ ـ أبي علي المرزوقي الأصفهاني؛ كتاب الأزمنة والأمكنة. ط١، حيدر أباد، الهند، ١٣٣٢ هـ.

٨ ـ إخوان الصفاء وخلان الوفاء؛ رسائل إخوان الصفا: الرسالة ١٨. دار صادر، بيروت دون تاريخ.

٩ ـ إمام عبد الفتاح؛ معجم ديانات وأساطير العالم. ج٣، مكتبة مدبولي، القاهرة، ١٩٩٥.

١٠ ـ بوغارتش، أ. ف، نشور يوموف، د. ك. أ؛ السماء دون غرائب. ترجمة: هاشم حمادي، وزارة الثقافة، دمشق، ١٩٩٦.

١١ ـ تاراسوف، ل. ف؛ الفيزياء في الطبيعة. ترجمة: هاشم حمادي، وزارة الثقافة، دمشق، ١٩٩٧.

١٢ ـ الثعالبي؛ فقه اللغة وسر العربية. تحقيق: مصطفى السقا وآخرون، ط٢، القاهرة، ١٩٥٤.

١٣ـ صلاح الدين عارف جنيد؛ الركام المزني والظواهرالجوية في القرآن الكريم ،دمشق، ١٩٩٩ ٠

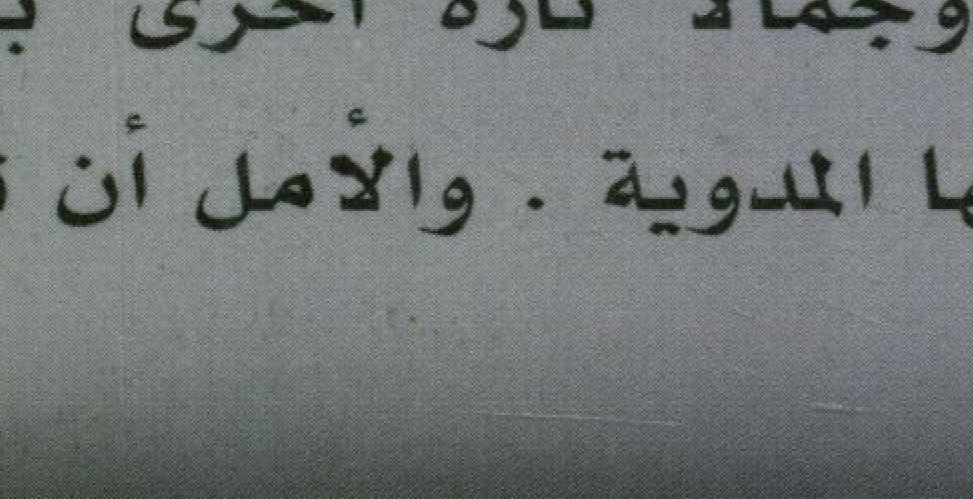
١٣ - عدد من المؤلفين؛ كوارث الطبيعة. ترجمة: شاهر حسن عبيد، وزارة الثقافة، دمشق، ١٩٨٩.
١٤ - علي حسن موسى؛ الأحوال الجوية في الأمثال الشعبية. دار الفكر، دمشق.
١٥ - ________؛ العواصف والأعاصير. دار الفكر، دمشق.
١٦ - ________؛ موسوعة الطقس والمناخ. ط٢، دار نينوى، دمشق، ٢٠٠٦
١٧ - ________؛ المناخ في التراث العربي. دار الفكر، دمشق.
١٨ - علي أحمد غانم؛ الجغرافية المناخية. دار المسيرة، عمان، ٢٠٠٣.
١٩ - القزويني؛ عجائب المخلوقات وغرائب الموجودات. ط٣، القاهرة، ١٩٥٦م.
٢٠ - القلقشندي؛ صبح الأعشى في صناعة الإنشا. ج١. دون تاريخ.
٢١ - محمد علي الزالق ؛ الأرصاد الجوية في خدمة الطيران. حلب ، ١٩٧٣٠
٢٢ - مند، س، ب، سنتمان، د.د، ويسكوت، ي. م؛ البرق بين الأرض والسماء، مجلة العلوم الأمريكية، ترجمة. المجلد ١٣، العدد١٠، تشرين الأول، ١٩٩٧، ص ١٦ - ١٩.
٢٣ - نور الدين حاطوم، ، وآخرون؛ موجز تاريخ الحضارة. دمشق، ١٩٦٥.
٢٤ - النويري؛ نهاية الأرب في فنون الأدب؛ ج ١. وزارة الثقافة والإرشاد القومي، القاهرة، دون تاريخ.
25- Ahrens، C.D; "Meteorology Today". West Publishing Company، New York، 5th ed، 1994
26- Barry، R.G & Chorley، R. J;«Atmosphere، Weather and Climate». Methuen &Co Ltd، 1972.
27- Batton، b.J;«The Nature of violent Storms». New York، 1962.
28- Henderson – Sellers، A & Robinson، P. J «Contemporary Climatology» Longman، England، 1988.
29 – Kovach، R.& McGuire، B; "Guide to Globle Hazards". Philip's، London، 2003.
30- Trewartha، G. T; «An Introduction to Climate». Mc Graw-Hill Book Company، Inc، New York، 1954.
31- Uman، M.A;«All About Lightning». Dover Publication، Inc، New York، 1986.
32- Uman، M. A; « Lightning ». Dover Publication، New York، 1984.

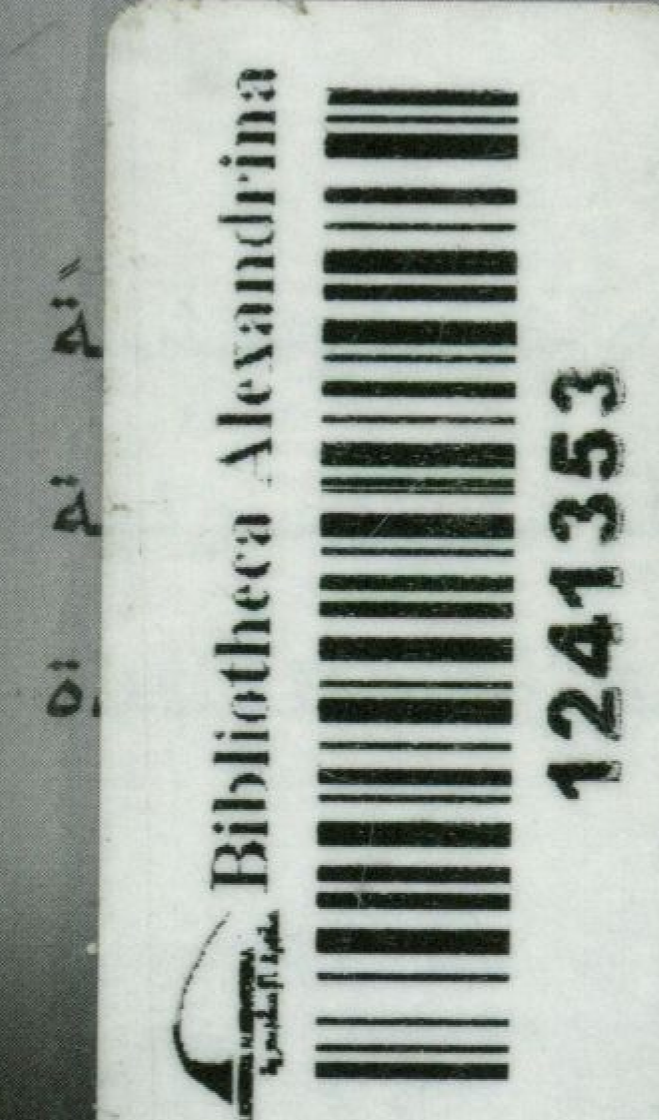
العواصف الرعدية

برق ، صاعقة ، رعد

في هذا الكتاب إجابة عن التساؤلات التي شغلت بال الإنسان قديماً وحديثاً ، وهومنتظر من يدله على ماأبهم عليه وعجز عن الولوج فيه ومعرفة كنهه. ففيه إظهار لأبلغ ماقيل في العواصف الرعدية من آيات سماوية، وماتناولته الحضارات القديمة من بدعٍ وأساطير تارةً ، ومحاولة لتفسير مايحدث أخرى ، ليهديه عقله إلى كشف ماخفي عنه ومعرفة مااستعصي عليه.

إنها العواصف الرعدية بسحبها الداكنة ذات الكهربائية العالية التي هي نذير اضطراب جوي شديد ، بما ينجم عنها من أمطار انهمارية ورياح عاصفية ورعد وبرق وصاعقة ،تدمر وتخرب وتقتل إذا ما كانت عنيفة.





إنه كتاب العامة والخاصة من الناس

فظواهره لاتترك إنساناً إلا وتستثير

تارةً ، وجمالاً تارةً أخرى بمنا

وأصواتها المدوية . والأمل أن تتح

المرجوة.


ISBN 978-9933-407-55-1
9789933407551





العواصف الرعدية برق ، صاعقة ، رعد